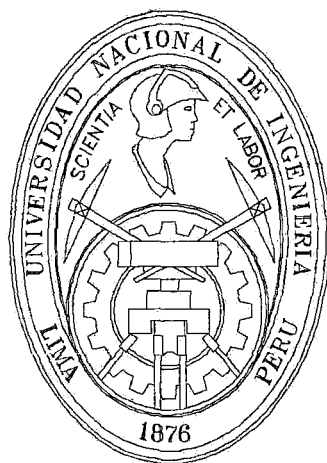


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL**



**PROCEDIMIENTO CONSTRUCTIVO DE  
LAS DIVERSAS APLICACIONES DE  
LAS ESTRUCTURAS ESPACIALES  
COMPUESTAS – TRIDILOSAS**

**T E S I S**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**OSCAR ORTEGA URIBE**

**LIMA – PERU  
2001**

**Digitalizado por:**

**Consortio Digital del  
Conocimiento MebLatam,  
Hemisferio y Dalse**

***Dedicatoria:***

*A mi madre Milagro, por su todo su amor y  
apoyo incondicional .*

**Agradecimientos:**

*A mi asesor Wilfredo Valdivia Bravo.*

*A mi asesora Elvira Vásquez Carruitero.*

*A Miguel Bozzo Chirichigno.*

*A mis amigos de Abj Torres, Víctor Torres, Walter Rodríguez, Miguel Romero y Marco Torres.*

*A mi amigos Luis Roca, Guerry Martel,*

*Carlos Barreda y Raúl Gonzales.*

*A mis amigas Claudia Salinas, Patricia Salinas y Patricia Arango.*



## **Introducción**

Las tendencias volumétricas y espaciales de la arquitectura moderna, demandan cada día estructuras más flexibles y versátiles, donde se premie la amplitud de espacio.

En el mercado existe una gran variedad de sistemas estructurales que satisfacen estos requisitos, uno de ellos es la Estructura Espacial Compuesta o Tridilosa, un sistema estructural no convencional que viene siendo empleado en nuestro país desde hace más de 30 años.

La presente tesis tiene como objetivo, analizar comparativamente el sistema convencional de Concreto Armado (losa maciza, losa aligerada) v.s. Estructura Espacial Compuesta. Asimismo, se expondrán las diversas aplicaciones de la Tridilosa, sus antecedentes históricos, descripción del sistema y proceso constructivo.

En el capítulo I "**Estructura Espacial Compuesta**", se aprecia el proceso histórico que sirvió de marco conceptual para la creación de la tridilosa, asimismo contiene la descripción del sistema estructural, sus principales aplicaciones y un listado de obras ejecutadas en nuestro país.

El capítulo II "**Generalidades de los Proyectos Investigados**", contiene las memorias descriptivas, especificaciones técnicas, presupuesto, análisis de costos unitarios, relación de equipos y herramientas, programación de obra y planos de los proyectos investigados:

- Obra: Comedor del Congreso de la República
- Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.

En el capítulo III "**Obras Preliminares**", se inicia la descripción del proceso constructivo de cada uno de los proyectos investigados, detallando aspectos como obras provisionales, trabajos preliminares y movimientos de tierra.



El capítulo IV **“Obras de Concreto Armado”**, contiene la descripción del proceso constructivo de las diversas estructuras de concreto armado, desde la cimentación hasta la culminación de la tridilosa.

El capítulo V **“Encofrado”**, contiene los diversos tipos de encofrado de madera utilizados, esquemas ilustrativos y el proceso constructivo de los mismos. En esta sección se ha puesto énfasis a la descripción del proceso constructivo del encofrado perdido de madera catahua, el cual es empleado para encofrar caras interiores de vigas capiteles y la losa superior de una tridilosa con doble losa.

Asimismo contiene los diversos tipos de encofrado metálico utilizados, esquemas ilustrativos, planos y proceso constructivo de los mismos. En esta sección se ha puesto énfasis en la descripción del proceso constructivo del encofrado de la losa superior, empleando planchetas metálicas desmontables.

Adicionalmente este capítulo contiene las normas generales de desencofrado y proceso constructivo del mismo.

En el capítulo VI **“Acero”** se analiza el proceso de habilitación de acero, indicando las normas y recomendaciones del caso, asimismo se describen los equipos y herramientas empleadas en la habilitación, para finalizar con la descripción del proceso de habilitación de los diagonales de la tridilosa.

A continuación, se analiza el proceso de colocación del acero, indicando las normas y recomendaciones del caso, el proceso de colocación de la armadura de los diversos elementos típicos de concreto armado, para finalizar con la descripción del proceso de colocación de los diagonales de la tridilosa, donde se emplea soldadura para unir la armadura.

El capítulo VII **“Soldadura”**, contiene una breve introducción a la tecnología de la soldadura, los tipos de uniones y soldaduras, la soldadura de arco, el electrodo revestido, las normas de seguridad y protección contra accidentes, los equipos de soldadura y los procedimientos de soldadura de arco.



El capítulo VIII **“Análisis Comparativo con el Sistema Tradicional”**, contiene una solución tradicional de concreto armado para el problema arquitectónico planteado en cada obra, el presupuesto respectivo, la programación de obra, los planos y el análisis comparativo de la tridilosa vs. el sistema tradicional, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Comparación de cantidad y costo directo de materiales
- b. Comparación de cantidad y costo directo de mano de obra
- c. Comparación de cantidad y costo directo de equipos – herramientas
- d. Comparación de costo directo total
- e. Comparación de costo directo total por metro cuadrado
- f. Comparación de tiempo de ejecución

El capítulo IX **“Conclusiones y Recomendaciones”** contiene, como su propio nombre lo indica, las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado luego del análisis y desarrollo de la presente tesis.



## INDICE

CAPITULO I:	ESTRUCTURA ESPACIAL COMPUESTA	1
1.1.	Reseña Histórica	2
1.2.	Descripción de las Estructuras Espaciales Compuestas	9
1.2.1.	Estructura Espacial Compuesta - Tridilosa	9
1.2.2.	Estructura Espacial Compuesta para Grandes Luces - Sistema Tridilosa con Bicelosis	11
1.3.	Aplicaciones	15
1.3.1.	Coberturas	15
1.3.2.	Edificaciones	24
1.3.3.	Puentes	29
1.3.4.	Campamentos Mineros	31
CAPITULO II:	GENERALIDADES DE LOS PROYECTOS INVESTIGADOS	33
2.1.	Memorias Descriptivas	34
2.1.1.	Obra: Comedores del Congreso de la República	34
2.1.1.1.	Memoria Descriptiva de Arquitectura	34
2.1.1.2.	Memoria Descriptiva de Estructuras	37
2.1.1.3.	Memoria Descriptiva de Instalaciones Sanitarias	40
2.1.1.4.	Memoria Descriptiva de Instalaciones Electricas	40
2.1.2.	Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	41
2.1.2.1.	Memoria Descriptiva de Arquitectura	41
2.1.2.2.	Memoria Descriptiva de Estructuras	42
2.2.	Especificaciones Técnicas	44
2.2.1.	Obra: Comedores del Congreso de la República	44
2.2.1.1.	Especificaciones Técnicas de Arquitectura	44
2.2.1.2.	Especificaciones Técnicas de Estructuras	44
2.2.1.3.	Especificaciones Técnicas de Instalaciones Sanitarias	54
2.2.1.4.	Especificaciones Técnicas de Instalaciones Eléctricas	54
2.2.2.	Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	55
2.2.2.1.	Especificaciones Técnicas de Estructuras	55
2.3.	Presupuestos	57
2.3.1.	Presupuesto de la Obra: Comedores del Congreso de la República	57
2.3.2.	Presupuesto de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	69
2.4	Análisis de Costos Unitarios	70
2.4.1.	Análisis de Costos Unitarios de la Obra: Comedores del Congreso de la República	70
2.4.2.	Análisis de Costos Unitarios de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	72



---

2.5.	Relación de Equipos y Herramientas	77
2.5.1.	Relación de Equipos	77
2.5.2.	Herramientas	84
2.6.	Programación de Obra de los Proyectos Ejecutados	92
2.6.1.	Programación de la Obra: Comedores del Congreso de la República	92
2.6.2.	Programación de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	94
2.7	Planos	96
2.7.1.	Planos de la Obra: Comedores del Congreso de la República	96
2.7.2.	Planos de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	103
CAPITULO III: OBRAS PRELIMINARES		106
3.1.	Obras Provisionales	107
3.1.1.	Obras Provisionales de la Obra: Comedores del Congreso de la República	107
3.1.2.	Obras Provisionales de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	112
3.2.	Trabajos Preliminares	113
3.2.1.	Trabajos Preliminares de la Obra: Comedores del Congreso de la República	113
3.2.2.	Trabajos Preliminares de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	116
3.3.	Movimiento de Tierras	118
3.3.1.	Movimiento de Tierras de la Obra: Comedores del Congreso de la República	118
3.3.2.	Movimiento de Tierras de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	121
CAPITULO IV: OBRAS DE CONCRETO ARMADO		122
4.1.	Cimentación y Obras de Protección	123
4.1.1.	Cimentación y Obras de Protección de la Obra Comedores del Congreso de la República	123
4.1.1.1.	Calzaduras (Elemento de Protección)	123
4.1.1.2.	Zapatas	124
4.1.1.3.	Vigas de Cimentación	126
4.1.1.4.	Cimientos Corridos	128
4.1.1.5.	Muros de Contención (Elementos de Protección)	129
4.1.2.	Cimentación de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	132





---

4.2.	Columnas	133
4.2.1.	Columnas de la Obra Comedores del Congreso de la República	133
4.2.2.	Columnas de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	136
4.3.	Tridilosa	139
4.3.1.	Tridilosa de la Obra Comedores del Congreso de la República	139
4.3.2.	Tridilosa de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	151
CAPITULO V: ENCOFRADO		159
5.1.	Generalidades	160
5.2.	Encofrado de Madera	162
5.2.1.	Encofrado de Madera de la Obra Comedores del Congreso de la República	164
5.2.1.1.	Encofrado de Madera de las Vigas de Cimentación	164
5.2.1.2.	Encofrado de Madera de los Muros de Contención	166
5.2.1.3.	Encofrado de Madera de las Columnas	167
5.2.1.4.	Encofrado Perdido de Madera Catahua	171
5.2.1.4.1.	Encofrado Perdido de Madera Catahua de Vigas y Capiteles	171
5.2.1.4.2.	Encofrado Perdido de Madera Catahua de la Losa Superior	175
5.2.2.	Encofrado de Madera de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	179
5.2.3.	Los Clavos de Madera	183
5.3.	Encofrado Metálico	184
5.3.1.	Encofrado de Metálico de la Obra Comedores del Congreso de la República	185
5.3.2.	Encofrado de Metálico de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	190
5.3.2.1.	Andamios Metálicos	190
5.3.2.2.	Planchas Metálicas	195
5.3.2.3.	Planchetas Metálicas	199
5.4.	Desencofrado	203



---

CAPITULO VI: ACERO	207
6.1. Habilitación	208
6.1.1. Generalidades	208
6.1.2. Herramientas y Equipos Empleados en al Habilitación	211
6.1.3. Hoja de Habilitación	215
6.1.4. Habilitación de las Diagonales de la Tridilosa	217
6.2. Colocación	221
6.2.1. Generalidades	221
6.2.2. Colocación de la Armadura de los Diversos Elementos Estructurales	223
6.2.3. Colocación de las Diagonales de la Tridilosa	224
CAPITULO VII: SOLDADURA	229
7.1. Introducción a la soldadura.	230
7.1.1. Definición	230
7.1.2. Apliaciones de la Soldadura	230
7.1.3. Procedimientos de Soldadura	231
7.1.4. Clasificación Básica de los Aceros al Carbono	233
7.1.5. Efectos del Calor Aplicado Durante el Proceso de Soldadura	234
7.2. Tipos Uniones y Soladura (juntas)	236
7.2.1. Tipos de Uniones	236
7.2.2. Tipos de Soldaduras (juntas)	237
7.2.3. Geometría de la Junta	239
7.2.4. Posiciones de Soladura según la Norma DIN -6947	240
7.3. Electrodo Revestido	241
7.3.1. Tipos de Revestimientos	241
7.3.2. Funciones del Revestimiento	243
7.3.3. Rendimiento de las Varillas de Electrodo	244
7.3.4. Norma AWS	244
7.3.5. Elección del Electrodo Adecuado	247
7.3.6. Regulación de Amperaje	249
7.3.7. Variación de la Tensión de Trabajo con la Longitud del Arco	250
7.3.8. Defectos en la soldadura y sus Posibles Causas	251
7.4. Seguridad y Protección contra Accidentes en la Soldadura	253
7.4.1. Partes de un Accidentes	253
7.4.2. Comportamiento en el Trabajo. Obligaciones del Empresario y del Trabajador	254
7.4.3. Familiarización con el Equipo de Soldadura	255
7.4.4. Efectos Dañinos de la Corriente Eléctrica	255
7.4.5. Ventilación	256
7.4.6. Protección Corporal	256
7.4.7. Primeros Auxilios	258
7.4.8. Seguridad en la Soldadura de Arco	260



---

7.5.	Equipos y Procesos de soldadura por arco	262
7.5.1.	Corriente de Soldadura	262
7.5.2.	Terminología Eléctrica	263
7.5.3.	Fuentes de Corriente para Soldar o Fuentes de Poder	267
7.5.3.1.	Generadores	267
7.5.3.2.	Transformadores	268
7.5.3.3.	Rectificadores	269
7.5.4.	Procedimiento de Soldadura de Arco	270
7.5.4.1.	Encender y Mantener el Arco Eléctrico	270
7.5.4.2.	Puntear	272
7.5.4.3.	Soldar a Tope	274
7.5.4.4.	Soldar en Ángulo (fillete)	277
CAPITULO VIII: ANALISIS COMPARATIVO CON EL SISTEMA TRADICIONAL		279
8.1.	Sistemas Estructurales Alternativos Propuestos	280
8.1.1.	Sistema Estructural Alternativo Propuesto para la Obra Comedores del Congreso de la República	280
8.1.2.	Sistema Estructural Alternativo Propuesto para la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	281
8.2.	Presupuesto de los Sistemas Estructurales Alternativos Propuestos	282
8.2.1.	Presupuesto del Sistema Estructural Alternativo Propuesto para la Obra: Comedores del Congreso de la República	283
8.2.2.	Presupuesto del Sistema Estructural Alternativo Propuesto para la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	284
8.3.	Programación de Obra de los Sistemas Alternativos Propuestos	285
8.4.	Planos Estructurales Alternativos	288
8.5.	Análisis Comparativo de la Tridilosa vs. Sistemas Alternativos Propuestos	293
CAPITULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		303
9.1.	Conclusiones	304
9.1.1.	Conclusiones del Análisis de la Obra Comedor de Congresistas	305
9.1.2.	Conclusiones del Análisis de la Obra Ampliación de la Planta Industrial Cromotex	311
9.1.3.	Conclusiones Generales	315
9.2.	Recomendaciones	318
BIBLIOGRAFIA		320



**CAPITULO I**

***Estructura Espacial***

***Compuesta***



## **Introducción**

Las tendencias volumétricas y espaciales de la arquitectura moderna, demandan cada día estructuras más flexibles y versátiles, donde se premie la amplitud de espacio.

En el mercado existe una gran variedad de sistemas estructurales que satisfacen estos requisitos, uno de ellos es la Estructura Espacial Compuesta o Tridilosa, un sistema estructural no convencional que viene siendo empleado en nuestro país desde hace más de 30 años.

La presente tesis tiene como objetivo, analizar comparativamente el sistema convencional de Concreto Armado (losa maciza, losa aligerada) v.s. Estructura Espacial Compuesta. Asimismo, se expondrán las diversas aplicaciones de la Tridilosa, sus antecedentes históricos, descripción del sistema y proceso constructivo.

En el capítulo I "**Estructura Espacial Compuesta**", se aprecia el proceso histórico que sirvió de marco conceptual para la creación de la tridilosa, asimismo contiene la descripción del sistema estructural, sus principales aplicaciones y un listado de obras ejecutadas en nuestro país.

El capítulo II "**Generalidades de los Proyectos Investigados**", contiene las memorias descriptivas, especificaciones técnicas, presupuesto, análisis de costos unitarios, relación de equipos y herramientas, programación de obra y planos de los proyectos investigados:

- Obra: Comedor del Congreso de la República
- Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.

En el capítulo III "**Obras Preliminares**", se inicia la descripción del proceso constructivo de cada uno de los proyectos investigados, detallando aspectos como obras provisionales, trabajos preliminares y movimientos de tierra.



El capítulo IV **“Obras de Concreto Armado”**, contiene la descripción del proceso constructivo de las diversas estructuras de concreto armado, desde la cimentación hasta la culminación de la tridilosa.

El capítulo V **“Encofrado”**, contiene los diversos tipos de encofrado de madera utilizados, esquemas ilustrativos y el proceso constructivo de los mismos. En esta sección se ha puesto énfasis a la descripción del proceso constructivo del encofrado perdido de madera catahua, el cual es empleado para encofrar caras interiores de vigas capiteles y la losa superior de una tridilosa con doble losa.

Asimismo contiene los diversos tipos de encofrado metálico utilizados, esquemas ilustrativos, planos y proceso constructivo de los mismos. En esta sección se ha puesto énfasis en la descripción del proceso constructivo del encofrado de la losa superior, empleando planchetas metálicas desmontables.

Adicionalmente este capítulo contiene las normas generales de desencofrado y proceso constructivo del mismo.

En el capítulo VI **“Acero”** se analiza el proceso de habilitación de acero, indicando las normas y recomendaciones del caso, asimismo se describen los equipos y herramientas empleadas en la habilitación, para finalizar con la descripción del proceso de habilitación de los diagonales de la tridilosa.

A continuación, se analiza el proceso de colocación del acero, indicando las normas y recomendaciones del caso, el proceso de colocación de la armadura de los diversos elementos típicos de concreto armado, para finalizar con la descripción del proceso de colocación de los diagonales de la tridilosa, donde se emplea soldadura para unir la armadura.

El capítulo VII **“Soldadura”**, contiene una breve introducción a la tecnología de la soldadura, los tipos de uniones y soldaduras, la soldadura de arco, el electrodo revestido, las normas de seguridad y protección contra accidentes, los equipos de soldadura y los procedimientos de soldadura de arco.



El capítulo VIII **“Análisis Comparativo con el Sistema Tradicional”**, contiene una solución tradicional de concreto armado para el problema arquitectónico planteado en cada obra, el presupuesto respectivo, la programación de obra, los planos y el análisis comparativo de la tridiosa vs. el sistema tradicional, teniendo en cuenta los siguientes aspectos:

- a. Comparación de cantidad y costo directo de materiales
- b. Comparación de cantidad y costo directo de mano de obra
- c. Comparación de cantidad y costo directo de equipos – herramientas
- d. Comparación de costo directo total
- e. Comparación de costo directo total por metro cuadrado
- f. Comparación de tiempo de ejecución

El capítulo IX **“Conclusiones y Recomendaciones”** contiene, como su propio nombre lo indica, las conclusiones y recomendaciones a las que se ha llegado luego del análisis y desarrollo de la presente tesis.



## INDICE

CAPITULO I:	ESTRUCTURA ESPACIAL COMPUESTA	1
1.1.	Reseña Histórica	2
1.2.	Descripción de las Estructuras Espaciales Compuestas	9
1.2.1.	Estructura Espacial Compuesta - Tridilosa	9
1.2.2.	Estructura Espacial Compuesta para Grandes Luces - Sistema Tridilosa con Bicelosis	11
1.3.	Aplicaciones	15
1.3.1.	Coberturas	15
1.3.2.	Edificaciones	24
1.3.3.	Puentes	29
1.3.4.	Campamentos Mineros	31
CAPITULO II:	GENERALIDADES DE LOS PROYECTOS INVESTIGADOS	33
2.1.	Memorias Descriptivas	34
2.1.1.	Obra: Comedores del Congreso de la República	34
2.1.1.1.	Memoria Descriptiva de Arquitectura	34
2.1.1.2.	Memoria Descriptiva de Estructuras	37
2.1.1.3.	Memoria Descriptiva de Instalaciones Sanitarias	40
2.1.1.4.	Memoria Descriptiva de Instalaciones Electricas	40
2.1.2.	Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	41
2.1.2.1.	Memoria Descriptiva de Arquitectura	41
2.1.2.2.	Memoria Descriptiva de Estructuras	42
2.2.	Especificaciones Técnicas	44
2.2.1.	Obra: Comedores del Congreso de la República	44
2.2.1.1.	Especificaciones Técnicas de Arquitectura	44
2.2.1.2.	Especificaciones Técnicas de Estructuras	44
2.2.1.3.	Especificaciones Técnicas de Instalaciones Sanitarias	54
2.2.1.4.	Especificaciones Técnicas de Instalaciones Eléctricas	54
2.2.2.	Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	55
2.2.2.1.	Especificaciones Técnicas de Estructuras	55
2.3.	Presupuestos	57
2.3.1.	Presupuesto de la Obra: Comedores del Congreso de la República	57
2.3.2.	Presupuesto de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	69
2.4	Análisis de Costos Unitarios	70
2.4.1.	Análisis de Costos Unitarios de la Obra: Comedores del Congreso de la República	70
2.4.2.	Análisis de Costos Unitarios de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	72





---

2.5.	Relación de Equipos y Herramientas	77
2.5.1.	Relación de Equipos	77
2.5.2.	Herramientas	84
2.6.	Programación de Obra de los Proyectos Ejecutados	92
2.6.1.	Programación de la Obra: Comedores del Congreso de la República	92
2.6.2.	Programación de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	94
2.7	Planos	96
2.7.1.	Planos de la Obra: Comedores del Congreso de la República	96
2.7.2.	Planos de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	103
CAPITULO III: OBRAS PRELIMINARES		106
3.1.	Obras Provisionales	107
3.1.1.	Obras Provisionales de la Obra: Comedores del Congreso de la República	107
3.1.2.	Obras Provisionales de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	112
3.2.	Trabajos Preliminares	113
3.2.1.	Trabajos Preliminares de la Obra: Comedores del Congreso de la República	113
3.2.2.	Trabajos Preliminares de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	116
3.3.	Movimiento de Tierras	118
3.3.1.	Movimiento de Tierras de la Obra: Comedores del Congreso de la República	118
3.3.2.	Movimiento de Tierras de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	121
CAPITULO IV: OBRAS DE CONCRETO ARMADO		122
4.1.	Cimentación y Obras de Protección	123
4.1.1.	Cimentación y Obras de Protección de la Obra Comedores del Congreso de la República	123
4.1.1.1.	Calzaduras (Elemento de Protección)	123
4.1.1.2.	Zapatas	124
4.1.1.3.	Vigas de Cimentación	126
4.1.1.4.	Cimientos Corridos	128
4.1.1.5.	Muros de Contención (Elementos de Protección)	129
4.1.2.	Cimentación de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	132



---

4.2.	Columnas	133
4.2.1.	Columnas de la Obra Comedores del Congreso de la República	133
4.2.2.	Columnas de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	136
4.3.	Tridilosa	139
4.3.1.	Tridilosa de la Obra Comedores del Congreso de la República	139
4.3.2.	Tridilosa de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	151
CAPITULO V: ENCOFRADO		159
5.1.	Generalidades	160
5.2.	Encofrado de Madera	162
5.2.1.	Encofrado de Madera de la Obra Comedores del Congreso de la República	164
5.2.1.1.	Encofrado de Madera de las Vigas de Cimentación	164
5.2.1.2.	Encofrado de Madera de los Muros de Contención	166
5.2.1.3.	Encofrado de Madera de las Columnas	167
5.2.1.4.	Encofrado Perdido de Madera Catahua	171
5.2.1.4.1.	Encofrado Perdido de Madera Catahua de Vigas y Capiteles	171
5.2.1.4.2.	Encofrado Perdido de Madera Catahua de la Losa Superior	175
5.2.2.	Encofrado de Madera de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	179
5.2.3.	Los Clavos de Madera	183
5.3.	Encofrado Metálico	184
5.3.1.	Encofrado de Metálico de la Obra Comedores del Congreso de la República	185
5.3.2.	Encofrado de Metálico de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	190
5.3.2.1.	Andamios Metálicos	190
5.3.2.2.	Planchas Metálicas	195
5.3.2.3.	Planchetas Metálicas	199
5.4.	Desencofrado	203



---

CAPITULO VI: ACERO	207
6.1. Habilitación	208
6.1.1. Generalidades	208
6.1.2. Herramientas y Equipos Empleados en al Habilitación	211
6.1.3. Hoja de Habilitación	215
6.1.4. Habilitación de las Diagonales de la Tridilosa	217
6.2. Colocación	221
6.2.1. Generalidades	221
6.2.2. Colocación de la Armadura de los Diversos Elementos Estructurales	223
6.2.3. Colocación de las Diagonales de la Tridilosa	224
CAPITULO VII: SOLDADURA	229
7.1. Introducción a la soldadura.	230
7.1.1. Definición	230
7.1.2. Apliaciones de la Soldadura	230
7.1.3. Procedimientos de Soldadura	231
7.1.4. Clasificación Básica de los Aceros al Carbono	233
7.1.5. Efectos del Calor Aplicado Durante el Proceso de Soldadura	234
7.2. Tipos Uniones y Soladura (juntas)	236
7.2.1. Tipos de Uniones	236
7.2.2. Tipos de Soldaduras (juntas)	237
7.2.3. Geometría de la Junta	239
7.2.4. Posiciones de Soladura según la Norma DIN -6947	240
7.3. Electrodo Revestido	241
7.3.1. Tipos de Revestimientos	241
7.3.2. Funciones del Revestimiento	243
7.3.3. Rendimiento de las Varillas de Electrodo	244
7.3.4. Norma AWS	244
7.3.5. Elección del Electrodo Adecuado	247
7.3.6. Regulación de Amperaje	249
7.3.7. Variación de la Tensión de Trabajo con la Longitud del Arco	250
7.3.8. Defectos en la soldadura y sus Posibles Causas	251
7.4. Seguridad y Protección contra Accidentes en la Soldadura	253
7.4.1. Partes de un Accidentes	253
7.4.2. Comportamiento en el Trabajo. Obligaciones del Empresario y del Trabajador	254
7.4.3. Familiarización con el Equipo de Soldadura	255
7.4.4. Efectos Dañinos de la Corriente Eléctrica	255
7.4.5. Ventilación	256
7.4.6. Protección Corporal	256
7.4.7. Primeros Auxilios	258
7.4.8. Seguridad en la Soldadura de Arco	260



---

7.5.	Equipos y Procesos de soldadura por arco	262
7.5.1.	Corriente de Soldadura	262
7.5.2.	Terminología Eléctrica	263
7.5.3.	Fuentes de Corriente para Soldar o Fuentes de Poder	267
7.5.3.1.	Generadores	267
7.5.3.2.	Transformadores	268
7.5.3.3.	Rectificadores	269
7.5.4.	Procedimiento de Soldadura de Arco	270
7.5.4.1.	Encender y Mantener el Arco Eléctrico	270
7.5.4.2.	Puntear	272
7.5.4.3.	Soldar a Tope	274
7.5.4.4.	Soldar en Ángulo (fillete)	277
CAPITULO VIII: ANALISIS COMPARATIVO CON EL SISTEMA TRADICIONAL		279
8.1.	Sistemas Estructurales Alternativos Propuestos	280
8.1.1.	Sistema Estructural Alternativo Propuesto para la Obra Comedores del Congreso de la República	280
8.1.2.	Sistema Estructural Alternativo Propuesto para la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	281
8.2.	Presupuesto de los Sistemas Estructurales Alternativos Propuestos	282
8.2.1.	Presupuesto del Sistema Estructural Alternativo Propuesto para la Obra: Comedores del Congreso de la República	283
8.2.2.	Presupuesto del Sistema Estructural Alternativo Propuesto para la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.	284
8.3.	Programación de Obra de los Sistemas Alternativos Propuestos	285
8.4.	Planos Estructurales Alternativos	288
8.5.	Análisis Comparativo de la Tridilosa vs. Sistemas Alternativos Propuestos	293
CAPITULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		303
9.1.	Conclusiones	304
9.1.1.	Conclusiones del Análisis de la Obra Comedor de Congresistas	305
9.1.2.	Conclusiones del Análisis de la Obra Ampliación de la Planta Industrial Cromotex	311
9.1.3.	Conclusiones Generales	315
9.2.	Recomendaciones	318
BIBLIOGRAFIA		320



# CAPITULO I

## **Estructura Espacial**

### **Compuesta**

#### **1.1. Reseña Histórica**

---

*“No es necesario, sin embargo, elegir un solo material para cada estructura. Puede ser conveniente combinar varios ... Así por ejemplo, en un puente de viga apoyada con su triangulación bajo el tablero, la cabeza superior esta trabajando a compresión, la inferior a tracción y las diagonales alternativamente a una cosa o la otra.*

*Por otra parte, la razón funcional, o finalidad de la obra, exige el establecimiento de un piso continuo en el plano de la cabeza superior. El hormigón (concreto) es el material indicado para este piso, en forma de placa con viguetas y largueros o simple forjado sobre las cabezas de los jácenas principales. Esto lleva, pues de la mano a utilizar esta estructura del tablero, al mismo tiempo, como cabeza de compresión de la viga, reservando la estructura metálica para la cabeza inferior y para las diagonales.*

*La cosa, como toda novedad, ha de mirarse con mucho cuidado, pero no cabe duda que hay una razón clara y lógica en este caso, induce a la estructura mixta, parte de estructura metálica y parte de hormigón armado”.<sup>1</sup>*

---

<sup>1</sup> Eduardo Torroja “LA RAZÓN Y SER DE LOS TIPOS ESTRUCTURALES” Instituto de la Construcción y del Cemento, Madrid 1957.



Siempre se ha dado por supuesto que en las estructuras de concreto armado, el concreto se encarga de soportar las cargas de compresión, mientras que el acero de refuerzo se ocupa principalmente de trabajar a tracción.

Ello nos conduce a diseñar estructuras en las cuales aquellas partes que trabajan sobre todo a tracción se realicen en acero, mientras que las que soportan principalmente esfuerzos de compresión se hacen de concreto ligeramente armado.

Generalmente, el concreto es más económico que el acero para soportar cargas de compresión, pero es prácticamente incapaz de trabajar a tracción, por lo que el acero resulta más adecuado para esta finalidad. En elementos ligeros y de poca sección, el acero también puede trabajar a compresión, sin embargo el riesgo intrínseco de pandeo de las piezas limita su capacidad de trabajo, cosa que no le ocurre en tracción. Por lo tanto, si la relación entre cargas de tracción y de compresión es la adecuada, los elementos metálicos son la mejor solución.

En numerosas situaciones, el concreto armado al ser más pesado, aumenta el peso propio de la estructura, obligando al uso de mayores cantidades de acero de refuerzo, elevando de este modo los costos. Una manera de evitar este sobrepeso es eliminar el uso de concreto en aquellos elementos que solo trabajan a tracción, ya que este, resulta útil únicamente como medio para evitar la corrosión del acero, problema que se soluciona con una buena capa de pintura que sirve igualmente para este propósito, claro esta sin aumentar el peso de la estructura.

Por otro lado el concreto aunque necesite alguna armadura ligera que le proporcione cohesión y resistencia para soportar esfuerzos secundarios debido a retracción y a otras causas, es el material apropiado para aquellos elementos que trabajan principalmente a compresión, más aun cuando puede cubrir otros requisitos funcionales.<sup>2</sup>

Es por ello que en año de 1948 el Ingeniero Eduardo Torroja aplicó todos los principios anteriormente descritos a la construcción del Puente de Tordera, la primera estructura mixta de acero y concreto armado en España y del mundo.

---

<sup>2</sup> Eduardo Torroja, "THE STRUCTURES OF EDUARDO TORROJA. Editorial F.W. Dodge Corporation. New York 1958.



El antiguo Puente de Tordera, cerca de Barcelona, había sido destruido durante la guerra civil española, quedando únicamente las pilas, por lo que había que reconstruir los tramos, uno central de 54.85 m de luz y dos de acceso de 45.70 m cada uno (figura N°1-1), encomendándose dicha tarea al Ingeniero Eduardo Torroja, quien se aventura a reconstruir el puente con el sistema de estructura mixta, que a continuación describiremos.

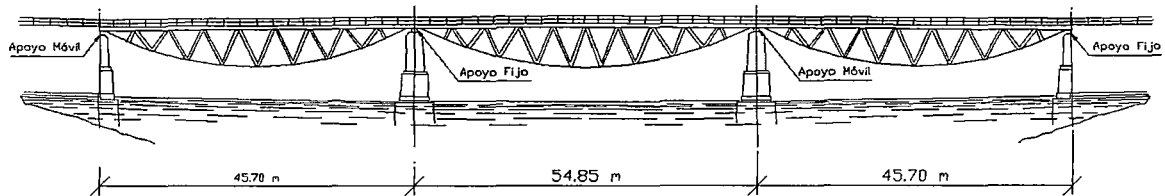
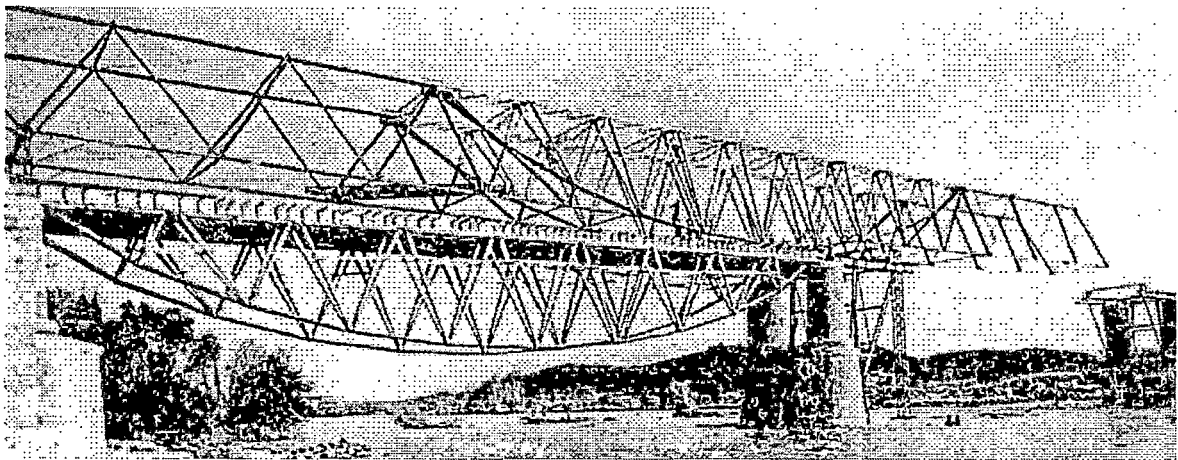


Figura N°1-1 Sección Transversal del Puente de Tordera

Para que la parte inferior de las vigas estuviese al mismo nivel en los tres tramos, el perfil longitudinal del tablero se hizo parabólico, es decir, más alto en el centro del puente que en los accesos. Las vigas cuentan con una ligera cabeza de compresión metálica, diseñada solo para soportar el peso de la propia estructura de acero y el de un primer cordón o larguero longitudinal de concreto. Con la adición de este concreto al cordón de compresión, resulto lo suficientemente resistente como para soportar el peso del concreto de todo el tablero. Una vez alcanzada la resistencia, hizo que la estructura completa sea capaz de soportar el tren de cargas de diseño.

En cuanto al procedimiento constructivo, las vigas de acero se colocaron desplazándolas longitudinalmente hasta su posición definitiva (fotografía N°1-1), a pesar de que la forma curvada de los cordones inferiores no facilitaba precisamente esta operación.



Fotografía N°1-1 Proceso Constructivo del Puente de Tordera



Según el Ingeniero Eduardo Torroja el desarrollo de la estructura mixta no progresó hasta que las técnicas de soldadura de arco con electrodo revestido permitieron fabricar enlaces suficientemente compactos como para poder alojarlos en el concreto sin grave perjuicio para este. Los enlaces clásicos empleaban cartelas roblonadas que establecían planos de deslizamiento a modo de cuchillas con riesgo para el concreto además a menudo fallaba la adherencia entre estos materiales a causa de la retracción del concreto.

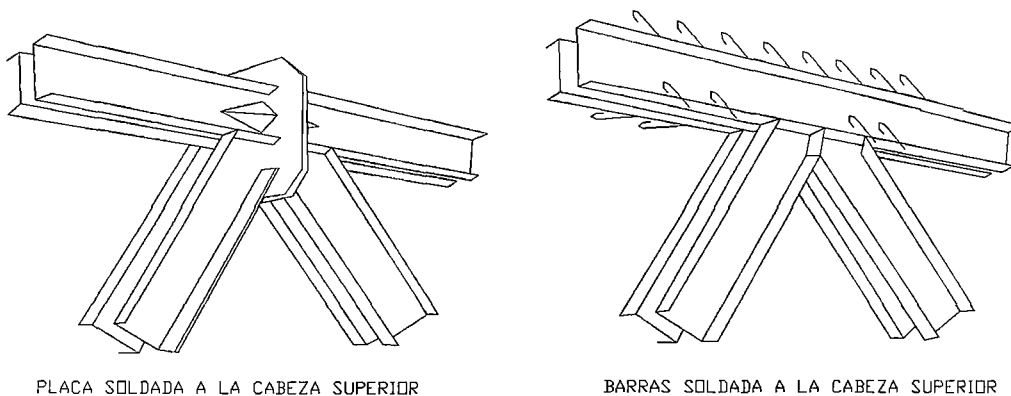


Figura N°1-2 Detalle de Soldadura de las vigas del Puente de Tordera

Hoy en día estos defectos se solucionan fácilmente gracias a la libertad que la soldadura ofrece al proyectista en el diseño de sus enlaces.

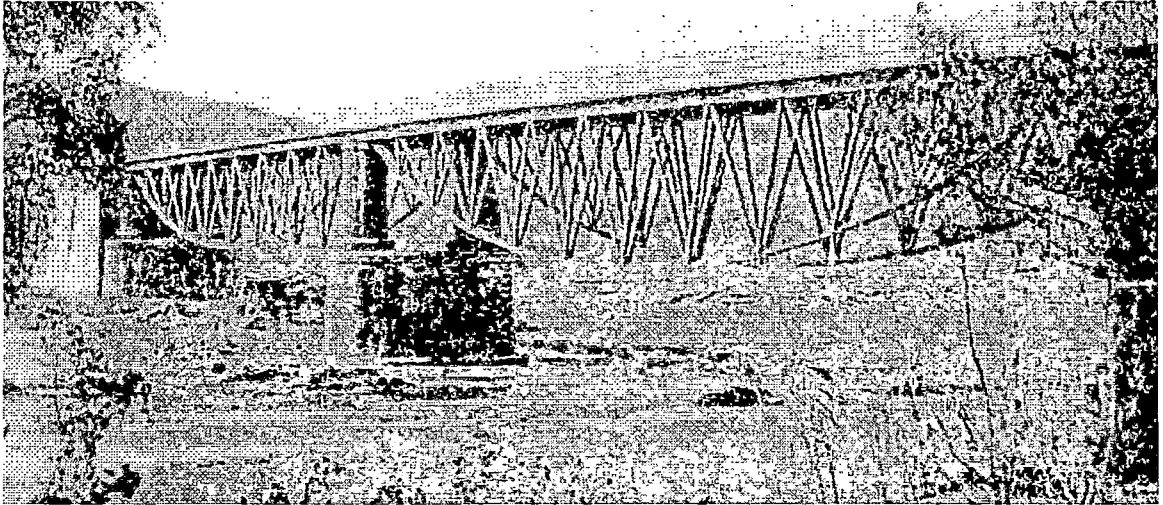
El ahorro de costos que se obtiene con este tipo de estructura mixta puede llegar a ser muy considerable. Por supuesto cada caso es único, pero en el Puente de Tordera a pesar de ser el primer proyecto de este tipo se estimó que el diseño adoptado supuso un ahorro del 25 % sobre la práctica habitual.

*“En aquel entonces no me atreví a especificar una viga continua de estructura mixta de acero y concreto, sin embargo el comportamiento satisfactorio de tales estructuras desde 1947 justifica ahora su construcción, incluso con mayores luces.*





*Este tipo de obra se puede construir con una viga continua sobre varias pilas y de hecho si tuviera que diseñar otro puente similar adoptaría este método, simplemente reforzaría con concreto la cabeza inferior metálica en correspondencia con las pilas, donde esta comprimida. El peso de este concreto adicional supondría muy pequeños momentos flectores adicionales”.<sup>3</sup>*



Fotografía N°1-2 Vista Panorámica del Puente de Tordera

Como nos podemos percatar este fue el nacimiento de la estructura espacial compuesta, aunque por aquel entonces no se le denominaba de este modo.

Posteriormente el Ing. Arq. Mario del Pini, realizó varios proyectos basados en estos mismos principios, lamentablemente en su patria Argentina, tuvo gran oposición motivo por el cual no logró construir obra alguna.

En el año de 1966 el Dr. Ing. Heberto Castillo (México), presentó de manera formal ante el Imperial College la “Estructura Espacial Compuesta”, que era la unión de estructuras espaciales metálicas (conformadas por pirámides de base cuadrada) con una o dos losas de concreto, bautizando a este nuevo sistema estructural como “Tridilosa”.

<sup>3</sup>Eduardo Torroja, “THE STRUCTURES OF EDUARDO TORROJA. Editorial F.W. Dodge Corporation. New York 1958.



El Dr. Ing. Heberto Castillo, construyó edificios y obras civiles, empleado acero de construcción para las estructuras metálicas de las tridilosas; y puentes con perfiles de acero similares a los empleados por el Ing. Eduardo Torroja.

A fines de los sesenta el Ing. Miguel Bozzo Chirichigno, con autorización del Dr. Ing. Heberto Castillo, inició en forma pionera la construcción de tridilosas en nuestro país; siendo la primera obra ejecutada país "El Pabellón Francia - Sudáfrica" de la Feria Internacional del Pacífico en 1967, luego de varios años e ideando un sistema constructivo que permite construir las losas de concreto de una manera rápida y económica, obtuvo la patente peruana de las tridilosas, otorgada por ITINTEC con Resolución Directoral N° 5195 de la fecha 19 de junio de 1981 denominada "Estructuras Espaciales para Construcciones".

Luego de varios años de aplicación y realizando constantes ensayos sobre la performance y procedimientos constructivos surge la idea de efectuar cambios en la patente original la cual fue idealiza como un sistema de pórticos formados por columnas, vigas interiores y de borde embebidas dentro del reticulado o peraltadas, donde los elementos transfieren las cargas a las vigas centrales, perimetrales y estas a su vez a las columnas, es así que el 1994 el Dr. Ing. Luis Miguel Bozzo Rotondo implementa cambios sustanciales a la patente en lo que concierne al análisis, diseño y construcción, planteando un sistema en el cual no se considera la viga como parte resistente y la estructura se modela con columnas, capiteles y/o ábaco de concreto armado y pisos de celosía espacial. El objetivo de este cambio es reducir sustancialmente el costo y peso de la estructura eliminando la viga al mismo tiempo que aumenta la rigidez.

El Ing. Miguel Bozzo Ch. continuando con las investigaciones sobre el comportamiento de estructuras tridimensionales en lo que respecta a celosías espaciales compuestas con aplicación de grandes luces y tomando las consideraciones de los cambios tecnológicos, arquitectónicos y estructurales, flexibilidad en su distribución, optimización del tiempo de construcción y reducción en el costo de la obra, incremento de la resistencia y rigidez para cargas laterales y verticales que soporten acciones de sobrecarga de 500 – 2000 kg/m<sup>2</sup> y cubran luces mayores de 30 metros dando toda la seguridad a las maquinarias de producción así como resguardar la vida humana, ha idealizado una losa tridimensional como cobertura o piso que cumpla estos requisitos, a la cual ha denominado "Estructura con Doble Celosía Espacial Compuesta". Geométricamente es un octaedro o una doble pirámide de base cuadrada unida por sus vértices que consta de los siguientes componentes:



Malla superior, malla intermedia, malla inferior, diagonales superior e inferior, esta celosía espacial puede estar formada por barras corrugadas, perfiles o tubos metálicos dependiendo del uso y la cobertura para ello se ha ideado también un sistema de soldadura.

Actualmente el Ing. Miguel Bozzo ha presentado a INDECOPI, todo la documentación necesaria, para obtener la patente de invención de este nuevo sistema que ha titulado "Estructuras con Bicelosis Espacial Compuesta para Grandes Luces – Tridilosa con Bicelosis".<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> Miguel Bozzo Ch. "Patente de Invención – Estructuras con Bicelosis Espacial Compuesta para Grandes Luces – Tridilosa con Bicelosis". Editorial DIRACSA. Lima 1999.



## **1.2. Descripción de las Estructuras Espaciales Compuestas.**

---

### **1.2.1. Estructura Espacial Compuesta – Tridilosa**

La Estructura Espacial Compuesta es una estructura espacial autoportante, en la que los elementos que la forman trabajan bajo las condiciones más elementales, es decir solamente a esfuerzos de tracción, compresión y cortante, los materiales que la constituyen están ubicados de manera tal que el acero absorba las tracciones, el concreto las compresiones y las diagonales (también constituidas de acero), alternativamente, la tracción o la compresión.

La Estructura Espacial Compuesta esta constituida por:

- Un armazón metálico formado por dos mallas de acero; una es denominada superior y la otra inferior. Son llamadas así por su ubicación dentro del armazón metálico. Estas mallas están unidas entre sí por barras diagonales que forman pirámides de base cuadrada (ver figura N°1-3).
- Una o dos losas de concreto, una ubicada en la malla superior, que vendría a formar el piso, y la otra ubicada en la malla inferior, que sería el cielo raso (ver figura N°1-4).<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> Miguel Bozzo Ch. - Luis Bozzo R. "ESTRUCTURA ESPACIAL COMPUESTA" Editorial DIRACSA. Lima 1984.

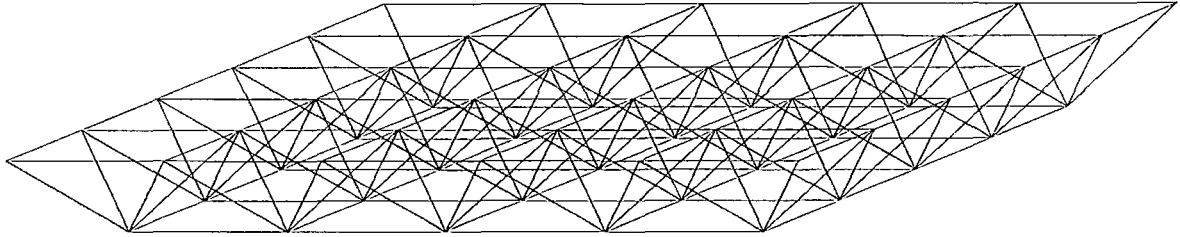


Figura N°1-3 Vista Tridimensional una Tridilosa

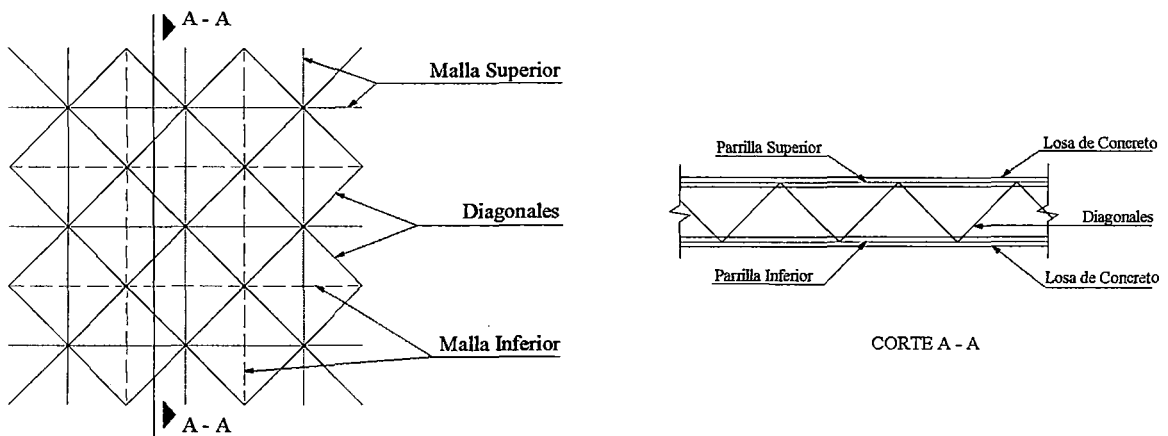


Figura N°1-4 Detalle Típico de Planta de una Tridilosa

**Propiedades:**

Este sistema tiene la propiedad de que al ser una estructura formada por un conjunto de fuerzas en el espacio, no concurrentes no paralelas, éstas pueden reducirse a dos fuerzas cruzadas en el espacio que a su vez pueden equivaler a un par y una fuerza, el par equivale a lo que se llama "par de flexión o par de torsión".

Por esta razón, al analizar una "estructura espacial" no es necesario considerar "flexión", "torsión", ni cortante y solamente necesitamos aplicar la fórmula que expresa que el esfuerzo es igual a la fuerza entre el área y la única complicación que pudiera presentarse es el cálculo del "pandeo" en las piezas comprimidas.



Según el concepto clásico de los elementos que trabajan a flexión en concreto armado (vigas - losas) estas tienen una zona comprimida limitada por la fibra neutra y una zona de tracción, en ésta el concreto está fisurado y por lo tanto no trabaja. En la práctica se desecha solo por lo que se refiere al trabajo que puede desarrollar pero no en cuanto a su peso, ya que está presente en la viga y constituye como es sabido aproximadamente el 66 % del peso de la estructura.

Pues bien, en la estructura espacial se consigue eliminar este 66% de peso muerto de la estructura convencional, ya que en ella no existe concreto fisurado que no trabaja.

Por otro lado, en nuestra estructura se conoce que la transmisión de esfuerzos de las losas de concreto superior e inferior se efectúa a través de las barras diagonales empotradas en ellas, lo que permite conocer el comportamiento de la estructura, lo que es una ventaja sobre las losas macizas con vigas, en donde se pueden establecer varias hipótesis de transmisión de esfuerzos, sin llegar hasta la fecha y en forma sencilla, a conocerse por donde se efectúa esta transmisión.

Otra propiedad que debe resaltarse es que al aumentar el peralte, consecuencia de las luces a cubrir no aumenta el peso de la estructura, pero sí su resistencia, de tal forma que la relación peso / carga útil es baja.<sup>6</sup>

### **1.2.2. Estructuras con Bicelosis Espacial Compuesta para Grandes Luces o Sistema Tridilosa con Bicelosis**

El sistema tridilosa con bicelosis espacial compuesta se diferencia de la losa reticular mixta (tridilosa original) en los siguientes aspectos:

- El sistema Tridilosa con bicelosis espacial compuesta está formado por dos celosías las cuales constan de tres mallas: superior, intermedia e inferior, conectadas por diagonales, formando una celosía de base cuadrada conectada por sus vértices y losa de concreto inferior y/o superior (figuras N°1-5 y N°1-6).

---

<sup>6</sup> Miguel Bozzo Ch. "ESTRUCTURAS ESPACIALES COMPUESTAS". Editorial Amauta. Lima 1970.

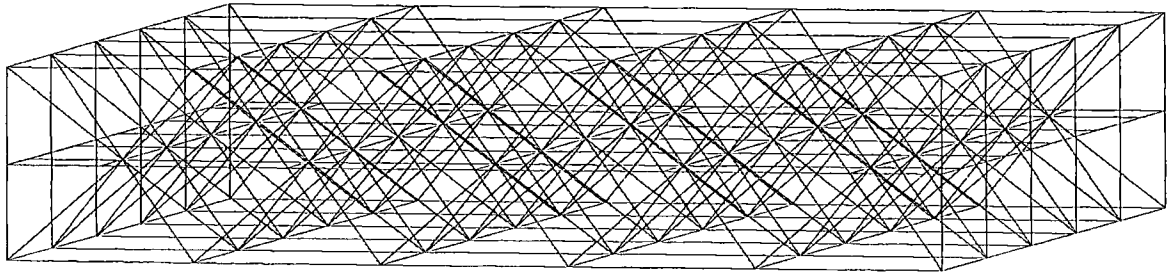


Figura N°1-5 Vista Tridimensional de una Tridilosa con Bicelosis.

- La losa reticular mixta prefabricada industrialmente esta formada por dos mallas metálicas y conectando por separadores o diagonales que unen dicha barra de modo que formen un reticulado de base cuadrada.

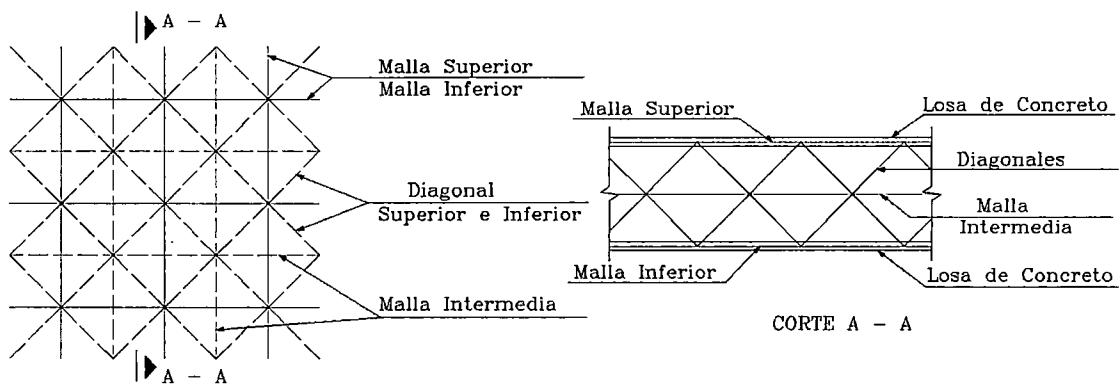


Figura N°1-6 Detalle Típico de Planta de una Tridilosa con Bicelosis.

- El sistema tridilosa con bicelosis espacial compuesta, se puede aplicar como piso cuya sección transversal es recta en las dos celosías espaciales y como cobertura donde la celosía inferior es recta y variable, la celosía superior adaptándose así a los requerimientos arquitectónicos.
- La losa reticular mixta prefabricada industrialmente es aplicable para obtener sistemas de pisos con sección constante y coberturas de sección constante y variable así como uno, dos, tres o más inclinaciones.



- El sistema tridilosa con bicelosis espacial es aplicable para obtener sistemas de pisos con grandes sobrecargas por la separación de las tracciones y compresiones, en luces entre 10 y 100 metros.
- La losa reticular mixta (tridilosa original) se aplica en sistemas de pisos con sobrecargas de 50 – 1000 kg/m<sup>2</sup> y luces de 6 – 30 metros.
- Los materiales usados para la fabricación de la celosis son fierro corrugado y concreto donde se esperan mayores compresiones en ambos sistemas de losa, alternativamente se pueden utilizar perfiles o tubos metálicos.
- La unión de la celosis se realiza con soldadura de arco.

### **Comportamiento:**

El comportamiento o performance de este sistema se basa en los conceptos básicos de la losa compuesta, así como en el principio de equilibrio de las fuerzas internas en una sección (tracción y compresión) y su comportamiento se va mejorando al separar las tracciones de las compresiones, esta separación se determina incrementando el peralte de la sección por consiguiente se eleva el momento de inercia de cada sección de losa, así como el aumento considerable de la rigidez, puesto que es función cúbica del peralte y con un incremento mínimo del espesor de la losa de concreto superior e inferior se logra una variación mínima con respecto al peso propio, cuyas particularidades determinan al sistema apto para grandes luces.

Una de las características del buen comportamiento de la losa compuesta son las condiciones de borde y restricción de la estructura:

- Para condición de borde es necesario un elemento rígido como una viga de concreto armado o un perfil metálico con un comportamiento monolítico y debe existir una compatibilidad de desplazamientos y deformaciones entre la viga de borde y la estructura espacial con bicelosis.
- Las restricciones se refieren al grado de libertad de los apoyos y estos son desplazamientos y rotaciones prescritas. Estos apoyos son las columnas con capiteles y placas, que resisten todas las acciones de carga en la losa y las transmiten al terreno mediante las cimentaciones. Como las cargas son transmitidas directamente a estos apoyos se elimina la resistencia de vigas intermedias con los cuales se obtiene un aumento de la eficiencia de la estructura espacial compuesta.





- La particularidad de las restricciones para una mejor performance, es una estructuración simétrica cuyas separaciones de columnas sean iguales.
- Se elimina la modulación tradicional de pórticos planos porque no existen vigas.
- Para el caso de elementos modulares a ser aplicados en los puentes vehiculares y peatonales, es necesario utilizar cable para dar continuidad y resistencia a los módulos así como el postensado con curvatura poligonal determinado para sistemas simples y continuos, los módulos serán fabricados de perfiles y/o tubos metálicos y la losa de concreto prefabricado.<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> Miguel Bozzo Ch. "Patente de Invención – Estructuras con Bicelosis Espacial Compuesta para Grandes Luces – Tridilosa con Bicelosis". Editorial DIRACSA. Lima 1999.



### **1.3. Aplicaciones**

---

Existe en nuestro país un gran número de obras ejecutadas empleando estructuras espaciales compuestas, y dada la diversidad y variedad de estas las agruparemos en cuatro grandes rubros.

#### **1.3.1. Coberturas:**

Estas se caracterizan por ser construcciones de una sola planta, de gran superficie cubierta, sin columnas interiores y que su carga principal es su peso propio.

Estas están conformadas por tres elementos estructurales:

- Zapatas
- Columnas
- Estructura Espacial Compuesta

Las zapatas varían con las condiciones de suelo y se fabrican "in situ". Las columnas pueden hacerse prefabricadas dependiendo de su número y de la importancia de la obra.

La estructura espacial compuesta, puede tener diversas configuraciones geométricas:



- Techos Planos:

Estos se aplican para cubrir luces " L2 " entre 12 y 30 metros, empleando columnas separadas entre sí 6 a 8 metros (L1), con un espesor de tridilosa  $h=L/20$  en general y de  $h=L/25$  si el ancho y la longitud difieren en menos del 20%. Durante el proceso constructivo este techo requiere una contra flecha de  $cf=L/200$  (figura N°1-7).

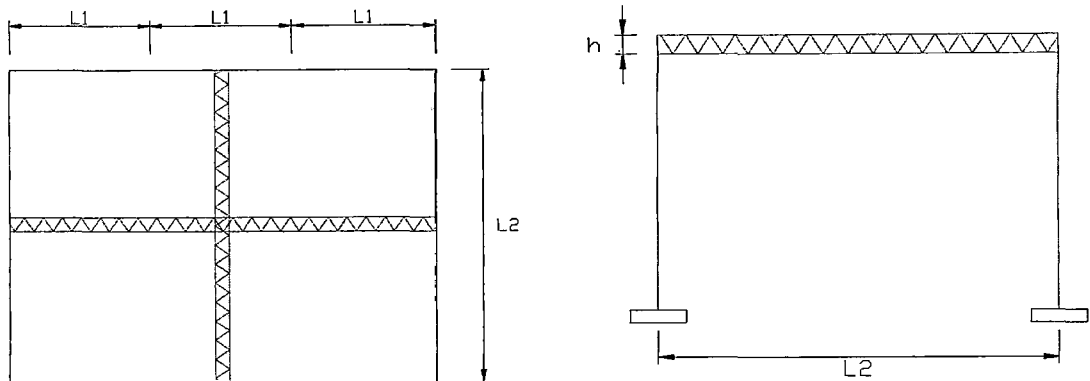


Figura N°1-7 Vista en Planta y Elevación de un Techo Plano

Existen dos soluciones con estructura espacial compuesta para techos planos:

- o Con una losa

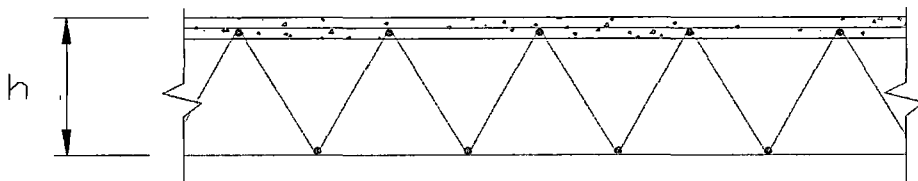


Figura N°1-8 Corte de un Techo Plano con una Losa

- o Con dos losas

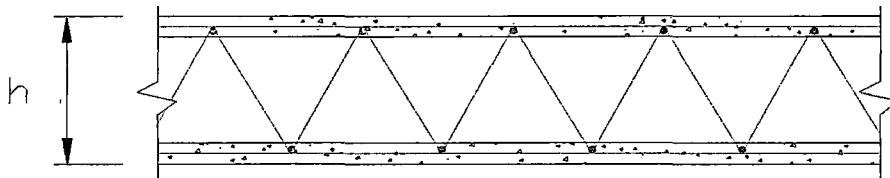


Figura N°1-9 Corte de un Techo Plano con dos Losas



Obras:

- Bazar del Ejército
- Casino del Ejército (Tacna)
- Fábrica Fleischmann
- Fábrica Gestetner
- Cuadra de Tropas FAP
- Comedores, Auditorio Base FAP
- Fabrica Mitre
- Pabellón de Paracaídas del Ejército
- Fábrica Retes
- Fábrica de Filamentos Peruanos
- Fábrica de Nylon
- Fábrica Netalco
- Fábrica FAM
- Fábrica Farmagro
- Depósito de Paracaídas FAP
- Comedores del Congreso de la República (Comedor de Congresistas y Periodistas y Comedor de Empleados)
- Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.

- Techo Diente de Sierra:

Tal como su nombre lo indica, este tipo de techo se caracteriza por su configuración geométrica, la cual es similar a una sierra. Con este sistema se pueden cubrir luces " L " de 12 a 30 metros, empleando columnas separadas entre sí 10 a 15 metros (L1), con un espesor de tridilosa  $h=L/25$ .

Durante el proceso constructivo este techo requiere una contra flecha en ambas direcciones  $cf_1=L/200$  y  $cf_2=L/300$  (figura N°1-10).

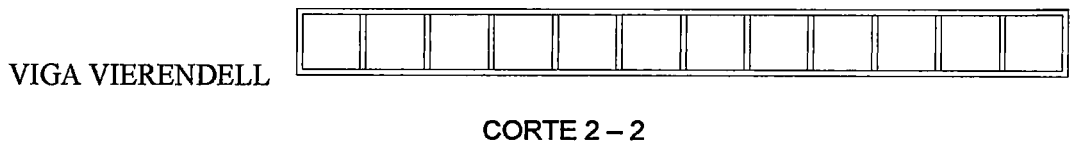
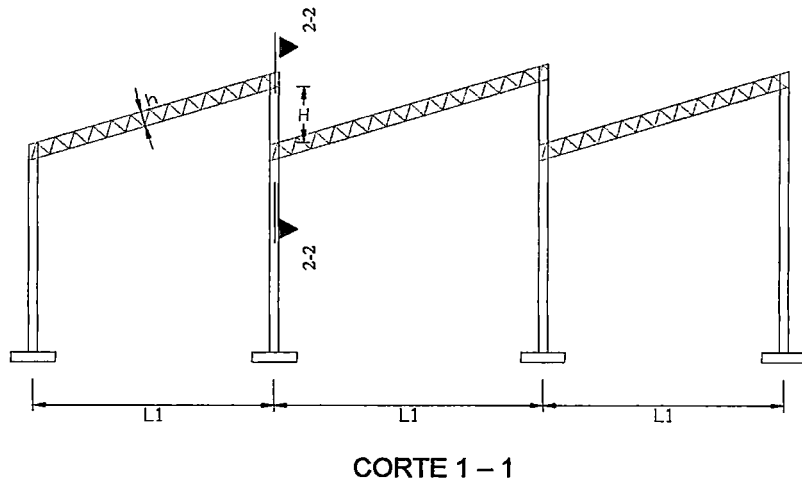
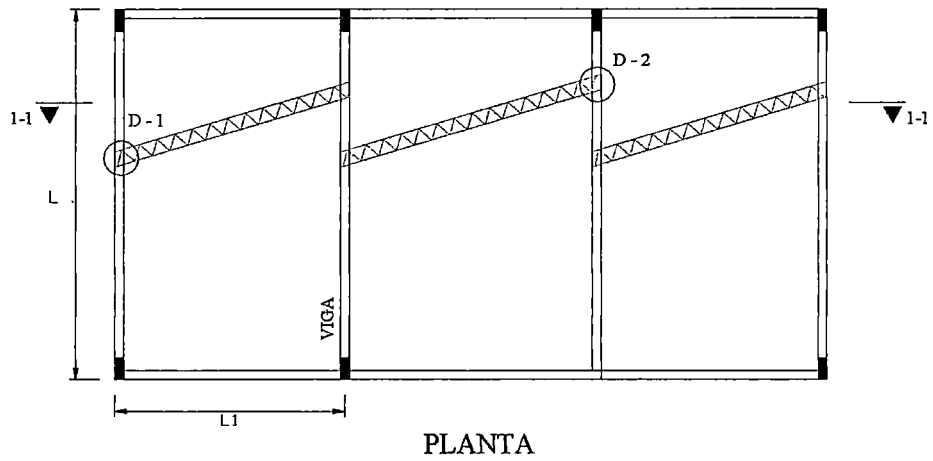
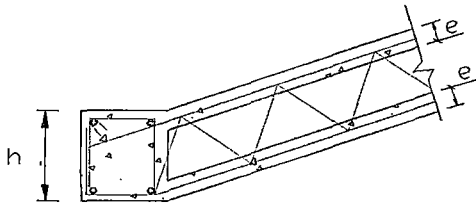
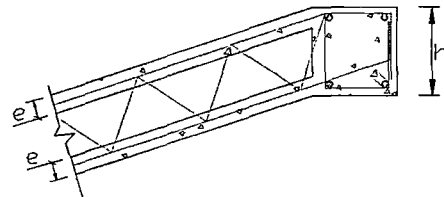


Figura N°1-10 Vista en Planta y Elevación de un Techo Diente de Sierra



BRIDA INFERIOR (D - 1)



BRIDA SUPERIOR (D - 2)

Figura N°1-11 Detalle de unión de la EEC con la viga de borde.

Obras:

- o Fábrica Filamento Peruano

- Techo Poligonal:

El techo poligonal es la unión de una viga espacial y losa prefabricada, colocadas alternadamente. Este proceso se inicia colocando una viga espacial, a continuación una losa prefabricada, así sucesivamente hasta terminar en una viga espacial.

Una gran ventaja del techo poligonal, es la similitud del comportamiento estructural al comportamiento de un arco, lo que conlleva a una elevada performance la cual se ve reflejada en el aumento de la luz " L " entre apoyos de 30 a 50 metros, la separación entre columnas dependerá del número de lados del polígono inscrito, con un espesor de tridilosa  $h=L/60$ .

Durante el proceso constructivo este techo requiere una contra flecha de  $cf=L/350$  (figura N°1-12).

Cuadro Técnico:

L2 (m)	L3 (m)	L4 (m)	H (m)
6 - 10	$L2 / 2.5$	$L2 - L3$	$L / 8$

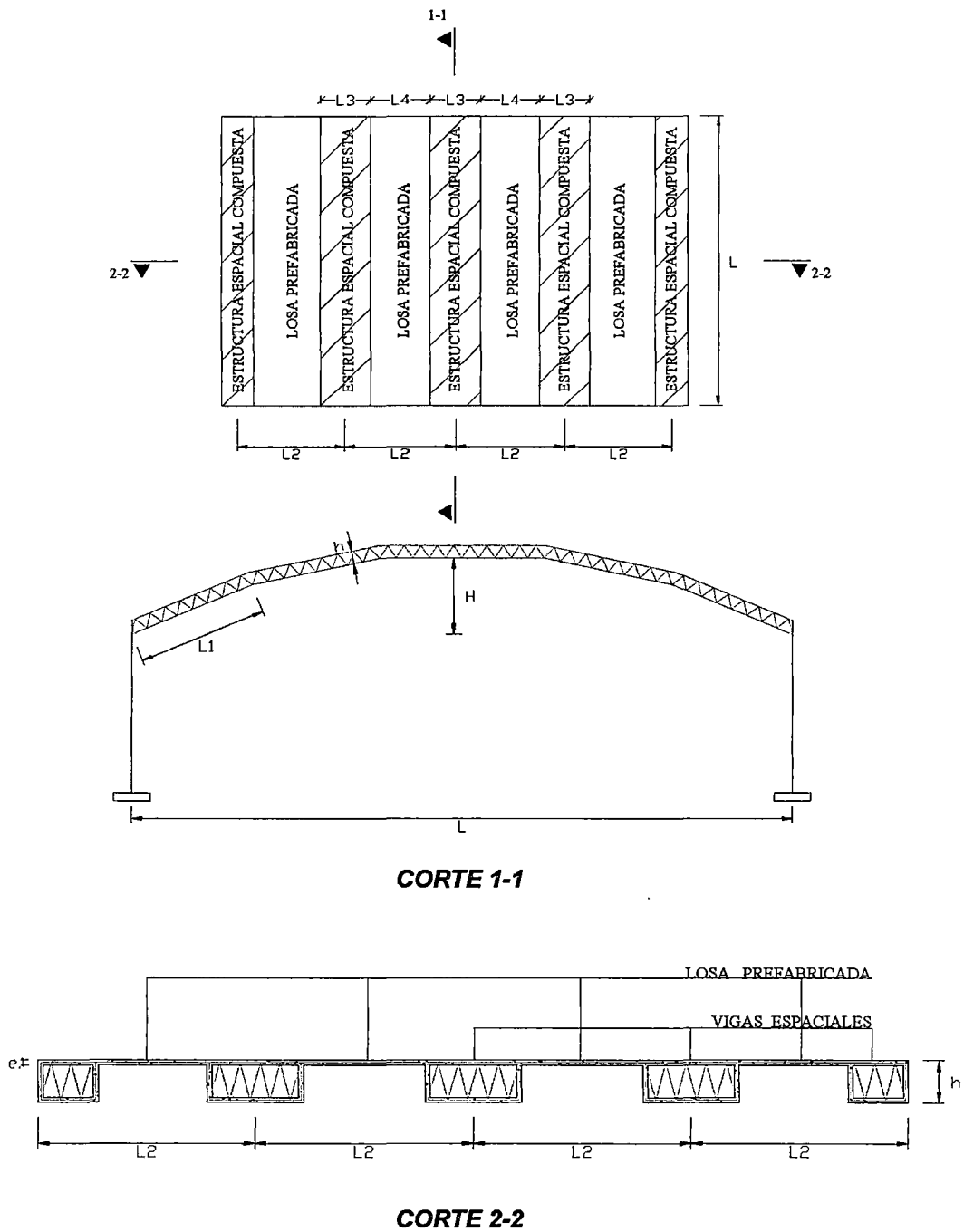


Figura N°1-12 Vista en Planta, Elevación y Detalles Típicos de un Techo Poligonal

Obras:

- Hangar El Pato (L=41.20 m)
- Hangar El Grupo (L=61.25 m)



- Techo a Cuatro Aguas:

Este tipo de cobertura es ideal para gimnasios y auditorios ya que permite cubrir luces de 30 a 60 metros en ambas direcciones, además de esto se puede construir sin losa inferior a fin de reducir el costo y peso propio.

Durante el proceso constructivo este techo requiere una contra flecha de  $cf=L1/400$  (figura N°1-13).

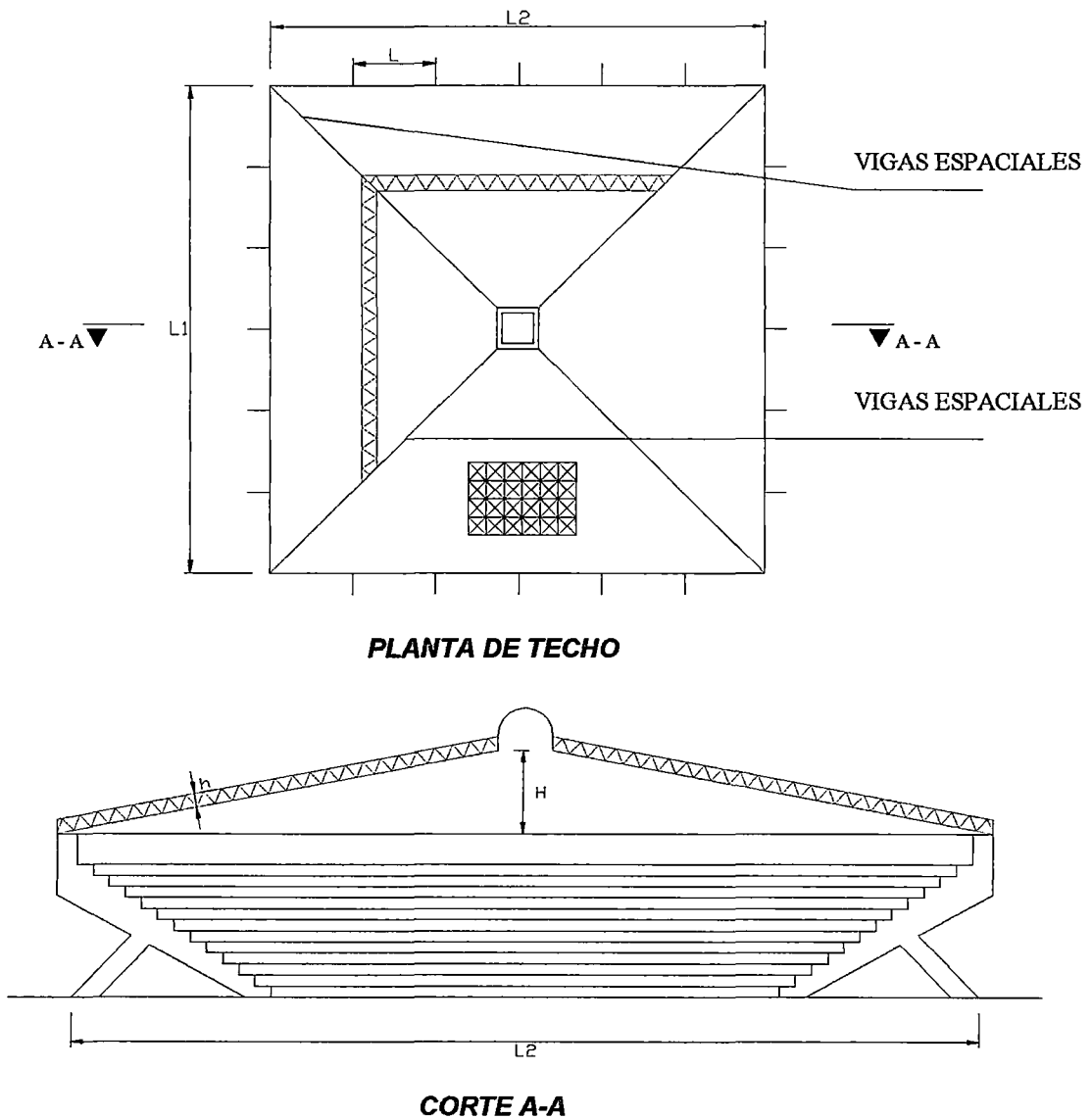


Figura N°1-13. Vista en Planta y Elevación Típicas de un Techo a Cuatro Aguas





Cuadro Técnico:

L1 (m)	L2 (m)	L (m)	H (m)
30 – 60	30 – 60	10	L1 / 8

Obras:

- o Gimnasio Club Arabe Palestino

- Techo Continuo:

Estos se aplican para cubrir luces " L1 " entre 12 y 30 metros, con un espesor de tridilosa  $h=L1/25$ . Durante el proceso constructivo este techo requiere una contra flecha de  $cf=L/200$  (figura N°1-14).

Es importante resaltar que este tipo de techo es ideal para talleres, y se asemeja a un sistema de pórticos de un solo piso.

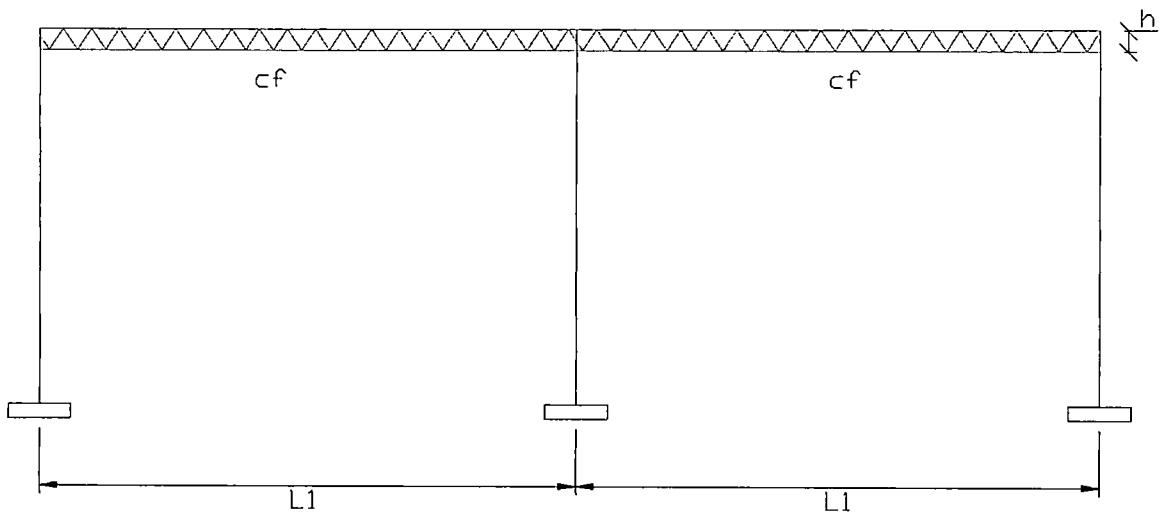


Figura N°1-14. Vista en Elevación Típica de un Techo Continuo



- Techo a Dos Aguas:

El techo a dos aguas es ideal para la cobertura de iglesias, estaciones ferroviarias, y cuadras de tropas. Permite la cobertura de luces entre 12 y 40 metros, con un espesor de tridilosa de  $h=L/30$ . Durante el proceso constructivo este techo se requiere contra flecha de  $cf2=L/300$  y otra  $cf1=L/200$  tal como se puede apreciar en la figura N°1-15.

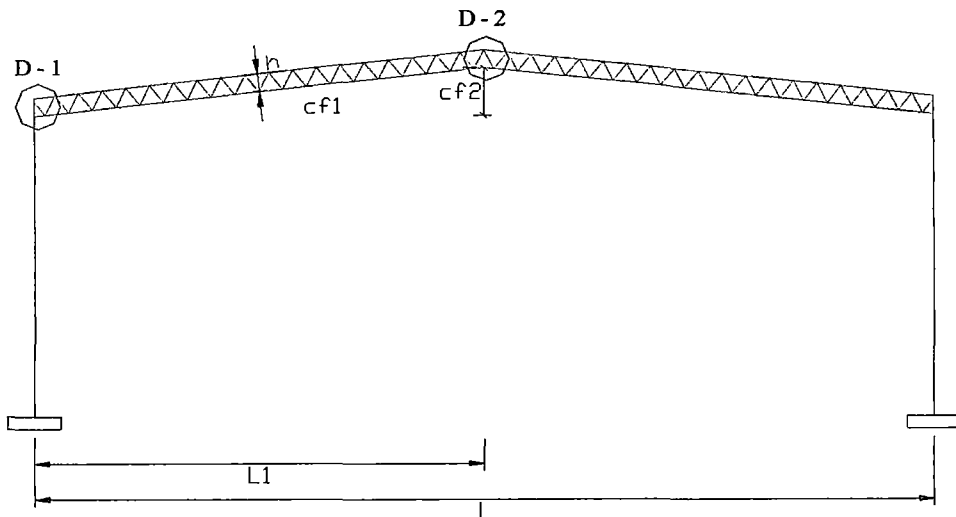


Figura N°1-15 Vista en Elevación Típica de un Techo a Dos Aguas

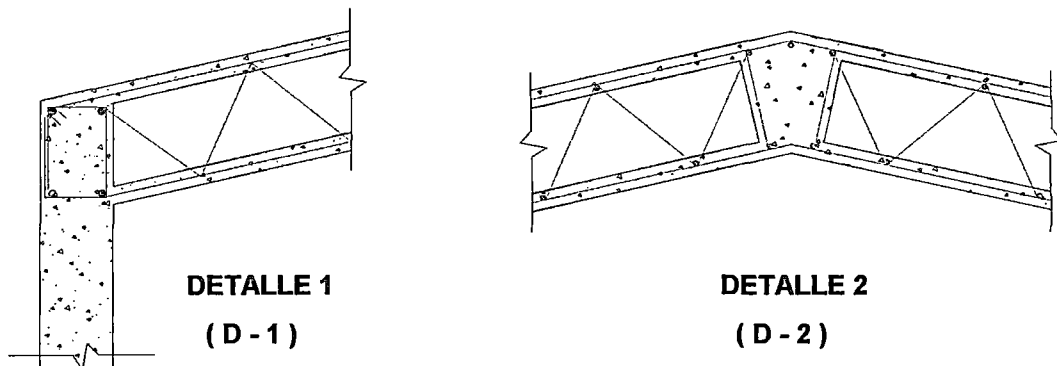


Figura N°1-16. Detalles Típicos de un Techo a Dos Aguas



Obras:

- Iglesia Parroquia Santa Cruz (1968)
- Iglesia Parroquia San Juan Vianney (1978)
- Estación Ferrocarril Tacna
- Cuadra Tropa Piura FAP – Chichayo
- Cuadra Minas Huampar.

### **1.3.2. Edificaciones**

Estas estructuras están constituidas por tres elementos:

- Cimentación
- Columnas
- Estructura Espacial Compuesta

La cimentación depende de las características del suelo, y se fabrican “in situ”. Las columnas también se fabricaran “in situ” y sus dimensiones variaran en función de las características del edificio, no siendo necesario que estén alineadas.

Asimismo se puede utilizar placas para rigidizar la estructura a fin de obtener una mejor performance.

La estructura espacial compuesta utilizada en este tipo de obras es de sección uniforme, motivo por cual la armadura metálica puede construirse en taller o al pie de la obra, para luego ubicarse sobre las columnas y proceder a la fabricación de las losas de concreto después de haber colocado las instalaciones eléctricas, sanitarias.

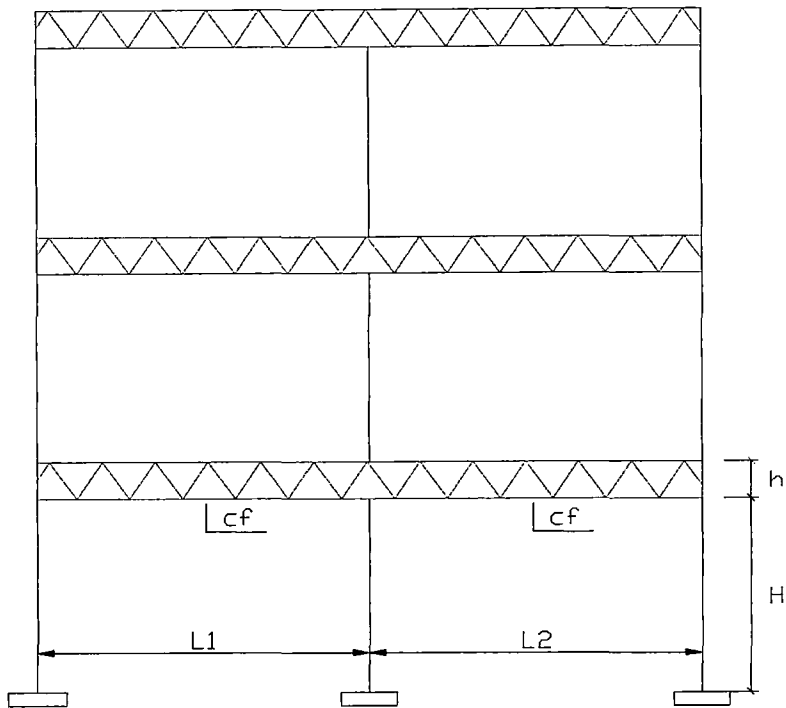


Figura N°1-17 Vista en Elevación Típica de una Edificación que Emplea Tridilosa

Generalmente se aplican para cubrir luces entre 8 y 15 metros, con un espesor de losa  $h=L1/25$  siempre y cuando la longitud y el ancho difieran en menos de un 20%. Durante el proceso constructivo requieren una contra flecha  $cf=L1/200$  (figura N°1-17).

El número de pisos que puede tener un edificio con una estructura de este tipo es similar a la de concreto armado, teniendo como ventajas:

- Un menor número de columnas
- Una estructura con un peso propio menor que las de concreto armado tradicional.
- Permite la ubicación de instalaciones eléctricas y sanitarias.
- No hay vigas peraltadas
- Se pueden tener luces de 10, 15 y 20 metros entre apoyos.
- Se reduce el costo de materiales.



La EEC en el caso de edificios de varios pisos puede adoptar 3 modos de estructuración:

a) **Luces que varían entre paños hasta en un 20% y mayores de 12 metros.**

(figuras N° 1-18 y 1-19)

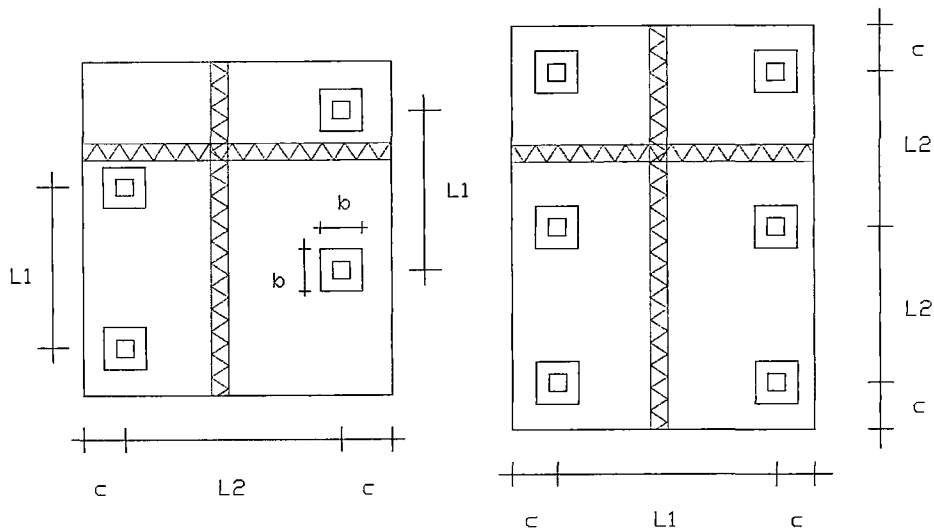
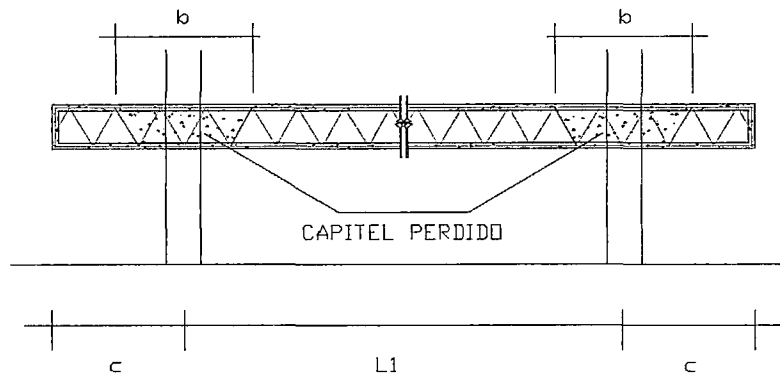


Figura N°1-18. Vista en Planta de una Edificación que emplea Tridilosa (Estructuración A)



$b - h$  varían con las cargas y las luces  $L1 - L2$

Figura N°1-19 Detalle del Capitel de una Edificación que emplea Tridilosa (Estructuración A)



**b) Casos en que una luz es menor a la otra en más de un 20%.**

(Figuras N° 1-20 y 1-21)

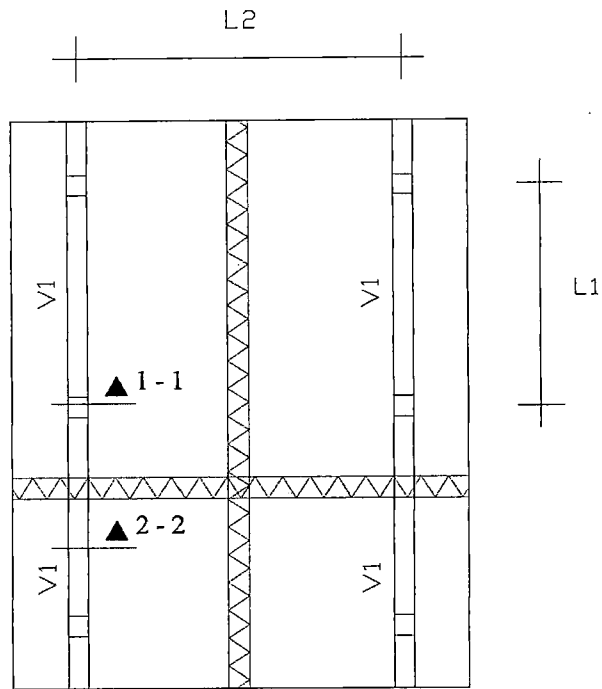


Figura N°1-20 Vista en Planta de una Edificación que emplea Tridilosa (Estructuración B)

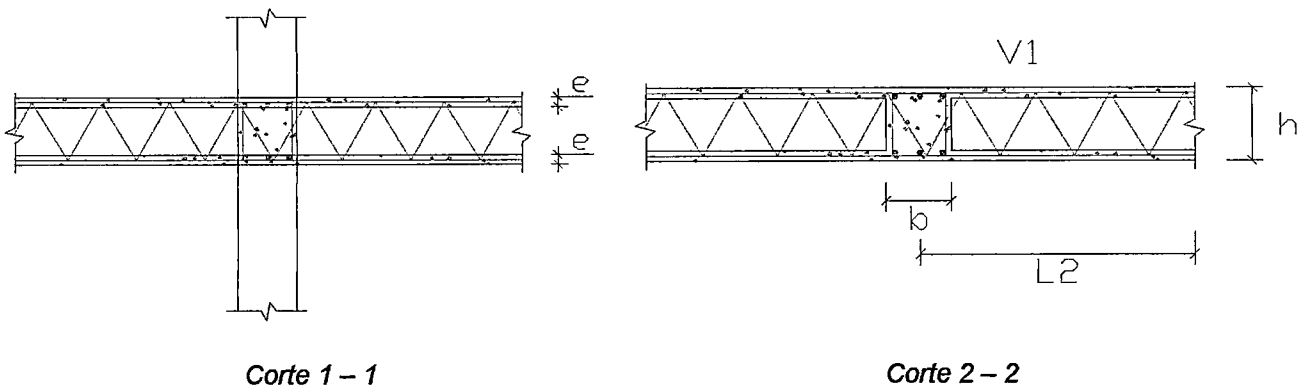


Figura N°1-21 Detalles Típicos de una Edificación que emplea Tridilosa (Estructuración B)



**c) Empleando placas, columnas y EEC.**

(Figuras N° 1-22, 1-23 y 1-24)

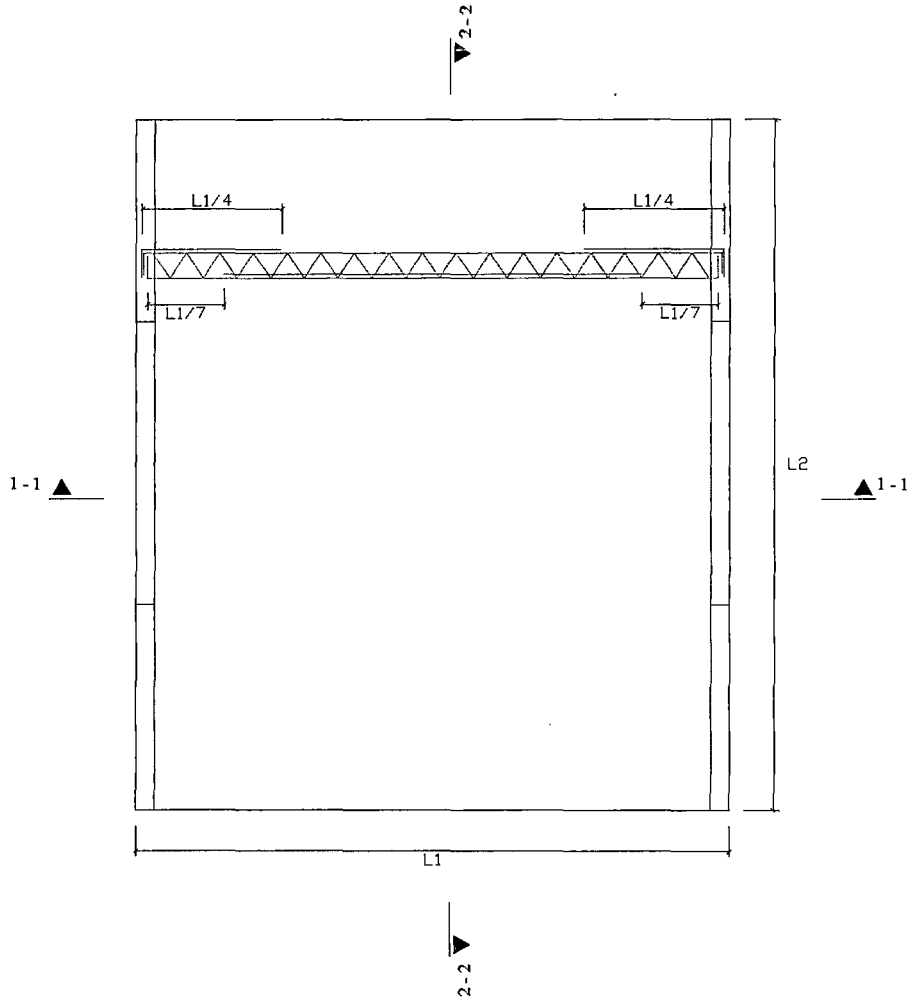


Figura N°1-22. Vista en Planta de una Edificación que emplea Tridilosa (Estructuración C)

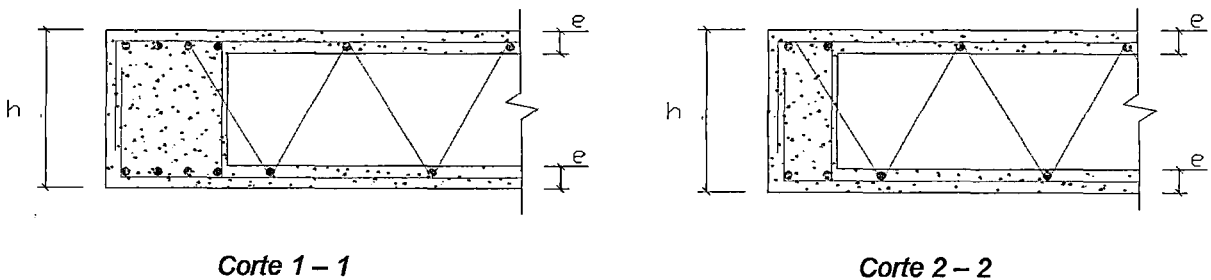


Figura N°1-23. Detalles Típicos de una Edificación que emplea Tridilosa (Estructuración C)

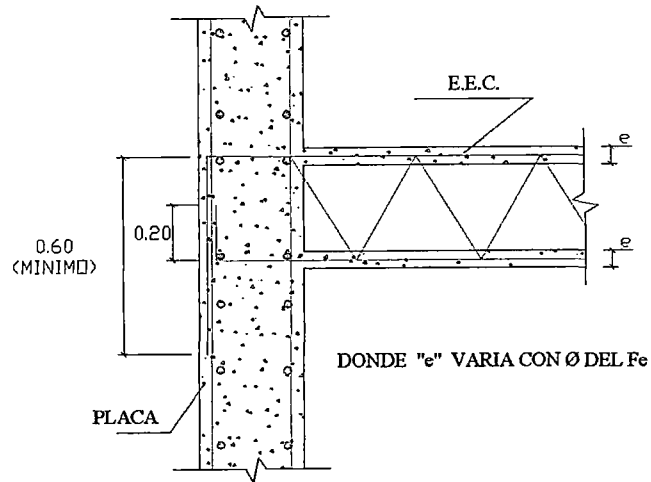


Figura N°1-24. Detalle Típico: Unión de la Placa con la E.E.C. (Estructuración C)

Obras:

- Depósito del Ejército
- Comandancia de Tacna
- Edificio la Aldea
- Ampliación de la Embajada Rusa
- Aulas Masivas de la UNI ( Pabellón "J" )
- Instituto Peruano – Ruso
- Alojamiento de la Embajada Rusa
- Edificio Colegio Sagrado Corazón – Arequipa
- Tres Iglesias de Mormones
- Club Árabe – Palestino
- Fabrica Textil Mitre
- Edificio Almacenes del Ejército

### 1.3.3. Puentes

En el caso de puentes vehiculares y/o peatonales la Estructura Espacial Compuesta se prefabrica en taller o al pie de obra, preparándose los apoyos intermedios y los extremos de acuerdo a los detalles y especificaciones.





Luego se realiza el montaje y lanzamiento de los módulos de tridilosa, adicionando una estructura provisional en punta para el lanzamiento por remolque empleando una maquinaria pesada o mediante el procedimiento de apoyos rodantes y apoyos móviles intermedios en castillos de estructura metálica ubicada a distancia adecuada para recibir los módulos de tridilosa, a continuación se vacía la losa inferior (si el diseño contempla su existencia) y luego la losa superior.

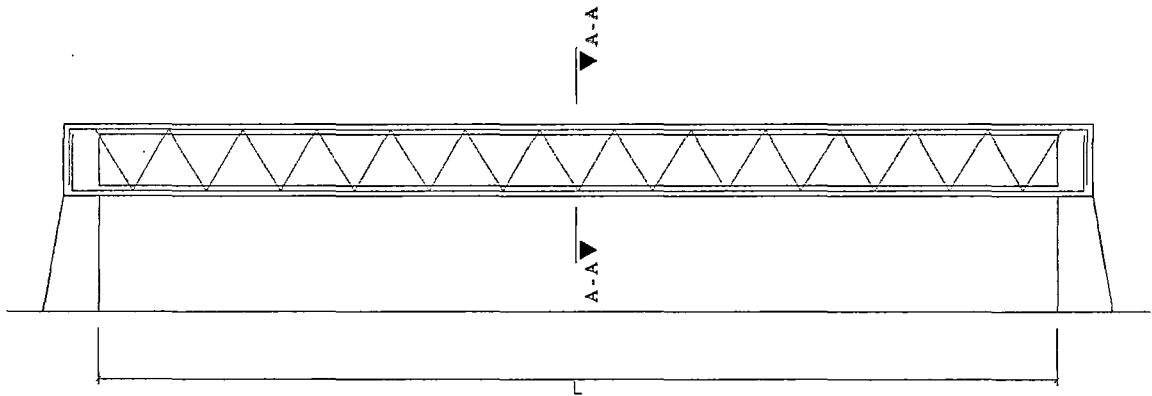


Figura N°1-25. Vista en Elevación Típica de un Puente que emplea Tridilosa

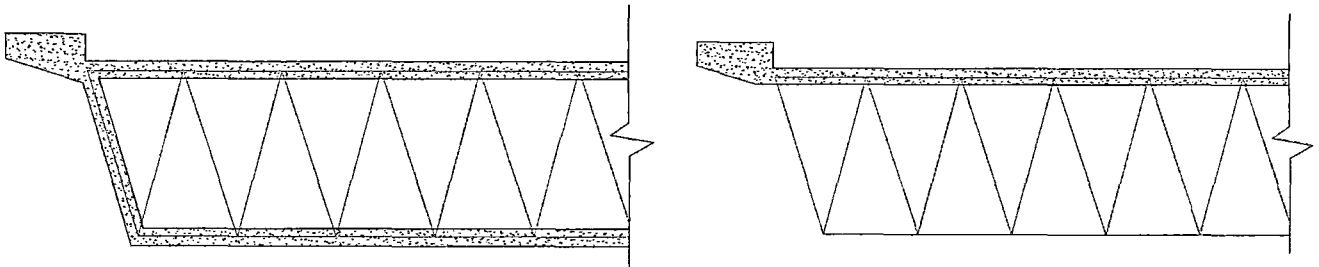


Figura N°1-26. Detalles Típicos de un Puente que emplea Tridilosa



### 1.3.4. Campamentos Mineros

En este tipo de construcciones que deben ejecutarse en la Sierra de nuestro país, se debe emplear un sistema constructivo en el cual todos los elementos, sobre todo paredes y coberturas, se lleven prefabricados y a la vez posean peso unitario bajo, puesto que se va a trabajar a más de 4000 m.s.n.m.

La cimentación se ejecuta teniendo en cuenta las características de la zona en que se va a hacer la obra, los muros se ejecutarán empleando planchas de fibrocemento unidas con perfiles metálicos.

La cobertura está formada por unos separadores de acero espaciales, los cuales soportan planchas de fibrocemento o similares y luego una losa de concreto armado de 5 cm de espesor. Sobre esta losa se coloca una pintura especial elastomérica sobre la cual se puede colocar una capa de ladrillos pasteleros.

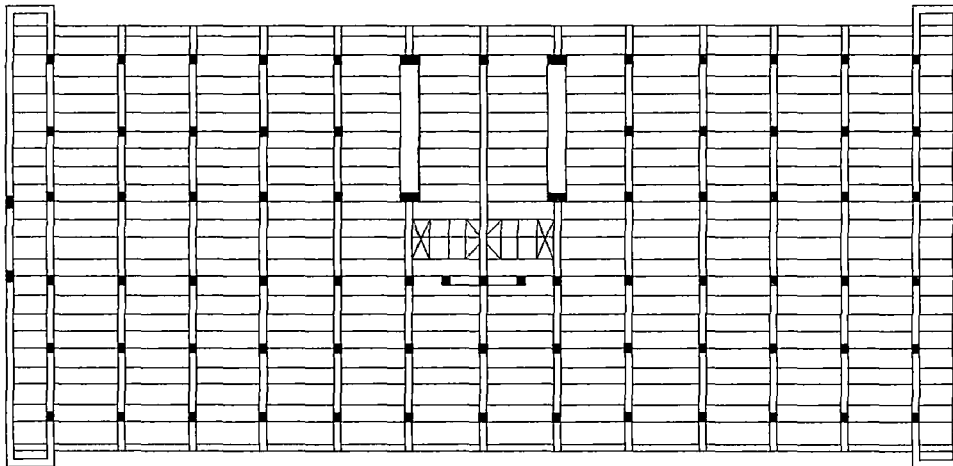


Figura N°1-27. Esquema de Planta Típica del Techo de un Campamento minero

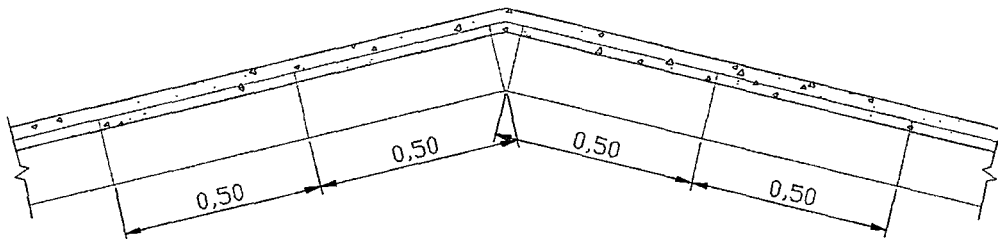


Figura N°1-28. Corte Transversal Típico del Techo de un Campamento Minero

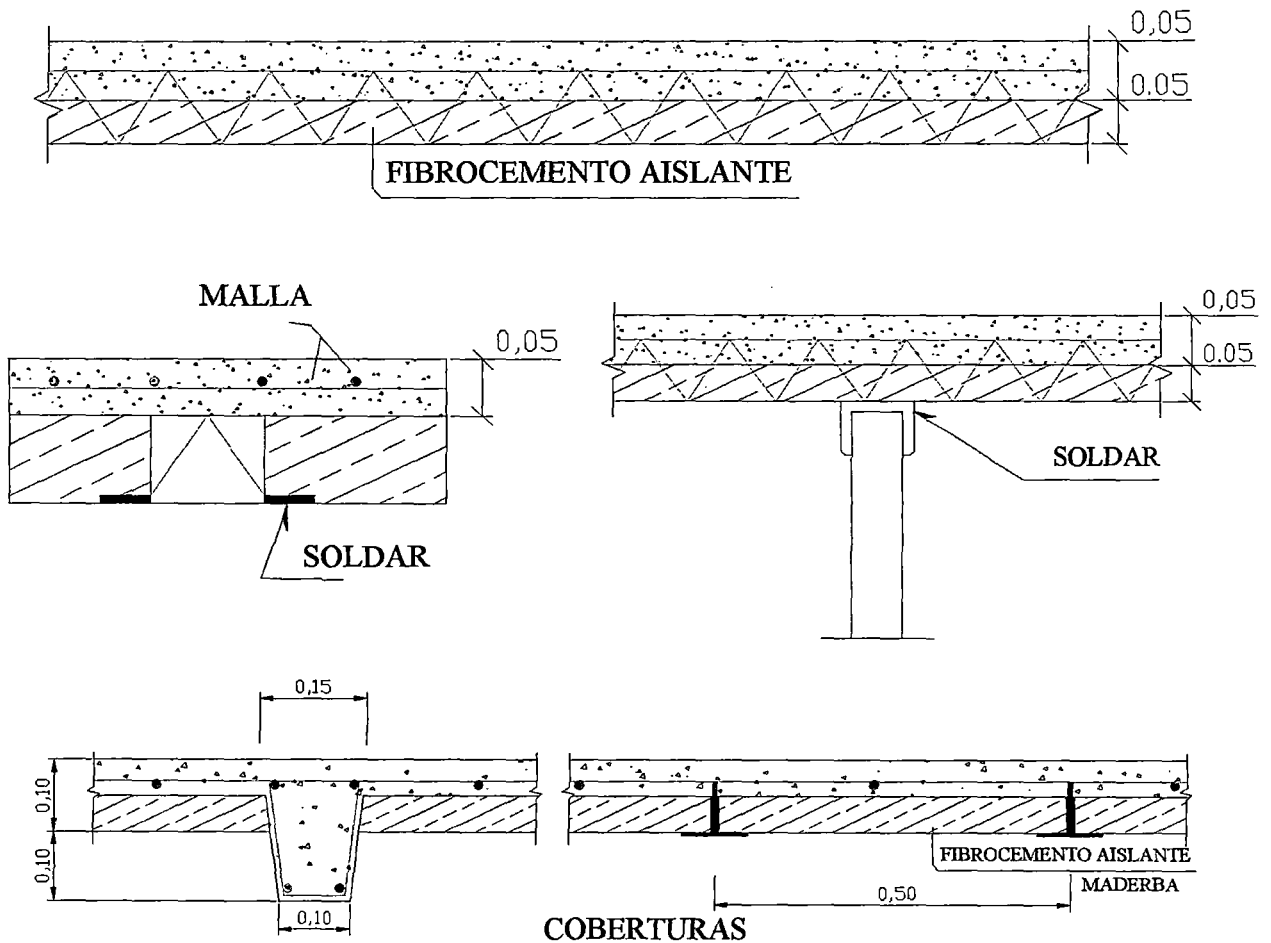


Figura N°29. Detalles Típicos del Techo de un Campamento Minero

**Nota:**

Toda la información presentada en el ítem "1.3. Aplicaciones", ha sido tomada del libro "Estructura Espacial Compuesta", elaborado por los Ingenieros Miguel Bozzo Ch. Y Luis Bozzo R. en el año de 1984.



## **CAPITULO II**

# ***Generalidades de los Proyectos Investigados***



## CAPITULO II

# **Generalidades de los Proyectos Investigados**

### **2.1. Memorias Descriptivas**

---

#### **2.1.1. Obra: Comedores del Congreso de la República**

##### **2.1.1.1. Memoria Descriptiva de Arquitectura**

El proyecto "Comedores del Congreso de la República" tiene como finalidad atender a los Congresistas, Periodistas del Congreso y al personal empleado que labora en este recinto, dichos comedores están ubicados en la parte posterior del Congreso, en el área que ocupaban los jardines de la Plaza Victoria de Ayacucho.

Precisamente, para que las características urbanas de la Plaza, no sean alteradas y que estas nuevas edificaciones no afecten el Conjunto Arquitectónico Monumental del Congreso, se planteó que ambos comedores se encuentren ubicados en un nivel inferior la Plaza Victoria de Ayacucho, además de considerar el tratamiento de los techos como jardines, con la finalidad que el efecto de estos con relación a la plaza se mantenga e integre.

Los comedores, han sido diseñados en forma cuadrada, en semisótano a nivel  $- 2.50$  m, tomado como nivel  $\pm 0.00$  a la plaza, teniendo acceso a estos a través de escalinatas muy suaves, además de contar con rampas para minusválidos en ambos comedores.



### Comedor de Congresistas

El Comedor de Congresistas se encuentra ubicado adyacente al Jr. Simón Rodríguez en el nivel  $-2.50$  m, y se accede a este desde la Plaza Victoria de Ayacucho que se encuentra en el nivel  $\pm 0.00$  por una escalera amplia en dos tramos con un gran descanso intermedio haciendo a la escalera muy suave.

Igualmente los minusválidos pueden acceder al Comedor por rampas muy cómodas de 10 % de pendiente con piso de cemento frotachado con brujas transversales antideslizantes.

Tanto la escalera como la rampa llegan al nivel  $-2.50$  m, a un hall abierto para ingresar a la recepción desde el cual se accede al Comedor de Congresistas propiamente y también a los servicios de damas y caballeros.

Desde el Comedor de Congresistas se accede a través de una mampara de cristal templado a una terraza al mismo nivel ( $-2.50$ ) que tiene en todo su frente un jardín en gradiente para dar una mejor vista al comedor que independientemente y directamente desde las escalinatas que bajan del Jr. Simón Rodríguez al nivel  $\pm 0.00$  de la Plaza, se accede a una escalera de dos tramos al Comedor de Periodistas a través de un hall hacia el cual también se llega a la oficina de periodistas, la secretaría y los servicios higiénicos de damas y caballeros.

Este comedor esta atendido por una cocina amplia, equipada adecuadamente, además de una cámara fría, una oficina de control, depósito y servicios higiénicos para damas y caballeros.

Los acabados fueron los siguientes:

- Pisos y escaleras de acceso de laja arequipeña
- Pisos del hall de recepción comedor y terraza de comedor de congresistas de cerámico de  $0.40 \times 0.40$  color.
- Pisos de comedor de periodistas, secretaria, oficina de periodistas, cocina y oficina de control de cerámica de  $0.30 \times 0.30$  color.
- Todos los servicios higiénicos poseen pisos y paredes de cerámica de  $0.30 \times 0.30$ .



- Los aparatos sanitarios son de color, one piece y ovalines con grifería importada para los baños de congresistas y normales de color con grifería nacional para los otros servicios higiénicos.
- La cocina esta amoblada, con mueble bajo, mueble alto, lavaderos de acero inoxidable y campana extractora en la cocina a gas de 6 hornillas.
- En cuanto a las cámaras frías se considero estas como equipamiento independiente.
- Todas las ventanas son de cristal templado de 6 mm y las mamparas de cristal templado de 10 mm, todas de color bronce, las que cuentan con cierrapuertas hidráulicas en el piso.

### Comedor de Empleados

El comedor de Empleados se encuentra ubicado adyacente al Jr. Junín en el nivel  $-2.50$ , su ingreso es independiente desde la plaza a través de una escalera en dos tramos que desciende desde el nivel  $\pm 0.00$ .

Este comedor es de autoservicio, cuenta con un hall de ingreso desde donde se puede acceder al comedor, a los servicios higiénicos de hombres y mujeres y a un ambiente de lavado de loncheras que cuenta con un lavadero corrido para tal fin. También se puede acceder a este por una rampa de 10 % de pendiente para minusválidos.

Desde el Comedor de Empleados se pasa a través de dos mamparas de cristal templado a la terraza que tiene en todo el frente un jardín en gradiente que dan gran vista.

El servicio de la cocina, depósitos, servicios higiénicos y vestuarios para personal femenino y masculino, cuenta también con acceso independiente, por el área de servicio colindante a Jr. Junín.

El equipamiento de la cocina de autoservicio y el equipamiento de las cámaras frías, no forman parte de la presente obra.

Los pisos de todos los ambientes son de cerámico de  $0.30 \times 0.30$  color, incluyendo paredes y pisos de los baños.



Los aparatos sanitarios son nacionales de color con grifería importada de presión.

Los muebles de la cocina, las ventanas y mamparas son iguales a las del Comedor de Congresistas, lográndose así una unidad de expresión en ambas edificaciones.

### Áreas y Capacidades

Las áreas techadas que ocupan cada comedor son las siguientes:

- Comedor de Congresistas, Periodismo y Prensa:  
20.5 m x 19.5 m = 399.75 m<sup>2</sup>  
Con una capacidad para 120 congresistas e invitados.
  
- Comedor de Empleados:  
17.5 m x 19.5 m = 341.25 m<sup>2</sup>  
Con una capacidad de 128 empleados por turno.

Totalizando un área de 741.00 m<sup>2</sup>

### **2.1.1.2. Memoria Descriptiva de Estructuras**

Teniendo en consideración los estudios geotécnicos y sísmológicos, el proyecto se encuentra en una zona de alta sismicidad y de intensidad media mayor de X en la Escala de Mercalli Modificada, según los registros históricos, se diseñó para una aceleración de gravedad del terreno hasta de 0.25 Gals, teniendo en consideración la fuerza sísmica recomendada por el reglamento Nacional en su código E-060.

El diseño estructural de los nuevos Comedores del Congreso, basado en el proyecto arquitectónico, contempla dos estructuras de un solo piso en forma de semisótano, destinadas para comedores de congresistas y empleados, lo que obligó a estructurar un muro de contención en forma de voladizo.





Asimismo por arquitectura se contempla que por encima de los techos de los comedores se coloque jardines para no modificar el aspecto actual del congreso, puesto que este es considerado Monumento Histórico por el INC.

El sistema de ventilación de los comedores se ha resuelto con amplias ventanas, y la circulación vertical mediante gradas y rampas apoyadas en el terreno.

Para efectuar una estructuración adecuada sobre estructuras no convencionales es necesario conocer los materiales a utilizar, el espacio que se requiere encerrar y los rellenos que se quiere contener.

Debido a la presencia de luces mayores de 9 metros, se usó un SISTEMA DE ESTRUCTURACIÓN ESPACIAL COMPUESTO (EEC), el cual se adecua para cubrir grandes luces y sobrecargas, así como dar flexibilidad al manejo de espacios o distribución arquitectónica, donde los elementos resistentes fueron columnas perimetrales de sección en forma de "L", "T" y central "Cuadrada", en el sistema de techo se consideró una sobrecarga de material de relleno permanente de 600 kg/m<sup>2</sup> y en un estado semisaturado, la sección de la EEC fue variable de 0.50 a 0.75 m, constituida por dos losas de concreto, una superior de 7 cm y otra inferior de igual espesor.

La Estructura Espacial Compuesta está formada por dos losas macizas y una malla espacial de acero corrugado soldado en los nudos, para controlar efectos de punzonamiento se consideró capiteles centrales y perimetrales los cuales son dimensionados de acuerdo a las normas vigentes, como parte de la estructura se consideró vigas centrales en las dos direcciones de sección recta (0.30 x 0.80) como arriostre de columnas, quienes también tienen como función controlar la deflexión de la losa, así mismo toda el área cubierta será considerada zona contra sismos y como refugio en caso de desastres y otras acciones externas como impactos, la tridilosa es de sección variable a 4 aguas y en todo el perímetro se consideró una viga de 0.30 x 0.50 como elemento de borde y de tapa.



El análisis y diseño de la Estructura Espacial Compuesta se efectuó empleando el método aproximado de elementos finitos con asimilación a losa continua (empleando el programa informático "Andrea" usando el método de elementos finitos isoparamétrico de 8 nudos con el funcional de REISSNER creado por el Dr. Luis Miguel Bozzo Rotondo).

Obtenido el resultado del análisis de los esfuerzos en dos direcciones así como los cortantes y momentos torsores, se procedió al diseño de los elementos de la estructura empleando el método ACI – 318 (95) y el Reglamento Nacional de Edificaciones en el Rubro ESTRUCTURAS E-030.

Para evitar fisuras milimétricas por efecto de consolidación de incrementos de temperatura y asentamientos infinitesimales del terreno, las losas de concreto llevan malla electro soldada de espesor 4.5 mm con cocadas de 15 x 15 cm

Así mismo para evitar filtraciones del relleno en el techo del comedor se utilizó aditivo impermeabilizante EUCO D.M. con la siguiente dosificación (250 gr por kg de cemento) en la mezcla de concreto, además de ello antes de colocar el relleno (tierra de chacra) se cubrió con una capa de asfalto la losa superior, para luego colocar material granular (confitillo) con la finalidad de que filtre y escurra el agua hacia los drenes.

Los muros de contención son de un ancho de 0.20 m en la parte de la cresta y en la base de 0.30 m, la dimensión de la base se reduce según la altura hasta un ancho de 0.20 m; para el análisis del muro se considero este como un voladizo, para un empuje de relleno de peso específico de 2200 kg/m<sup>3</sup>, con un ángulo de fricción interna de 34° – 38° y con un coeficiente de cohesión de 0 kg/cm<sup>2</sup>.

La parte de albañilería es de ladrillo con columnas de amarre y viga. En los muros sin vanos la junta es a tope con las columnas y en muros a media altura se considera una junta sísmica con el fin de evitar la falla de columna corta.



### **2.1.1.3 Memoria Descriptiva de Instalaciones Sanitarias**

La presente memoria descriptiva, esta referida a los sistemas de abastecimiento de agua potable y evacuación de aguas servidas de los comedores de congresistas, periodistas y empleados del Congreso de la República.

Para el abastecimiento de agua potable se tomó como fuente la red pública a través de una cisterna de 200 m<sup>3</sup> que se construida en un extremo de la plaza.

En una caseta contigua a la cisterna, se colocó un equipo hidroneumático compuesto por dos electrobombas centrífugas de eje horizontal con capacidad para  $Q = 1.80$  LPS y DHT = 36 m y dos tanques de presión de 200 galones cada uno para trabajar con presiones de 30 – 50 PSI, mediante el cual se suministra el agua a cada uno de los servicios sanitarios de los comedores a través de una red de distribución calculada para conducir la máxima demanda simultanea.

Los diámetros de las tuberías, dimensiones, ubicación de los elementos del sistema, así como los demás detalles se muestran en los planos correspondientes.

Las aguas servidas provenientes del comedor de congresistas y periodistas se evacuan a través de una red de colección y que descarga a la cámara de bombeo de desagüe que existe al lado de cada comedor.

### **2.1.1.4. Memoria Descriptiva de Instalaciones Eléctricas**

#### **Suministro de Energía:**

La energía requerida para los comedores es suministrada por el tablero general N°1 (ubicado en el 1er piso del congreso), para lo cual se instaló en dicho tablero un interruptor termo magnético de 3x300 A – 220 V y de 30 KA de capacidad de ruptura. Los comedores se alimentan del sistema eléctrico del congreso y no requirieron instalación de un medidor de Energía adicional.

Desde el interruptor indicado sale un alimentador eléctrico de 3x185 mm<sup>2</sup> THW – 100 mm (PVC - SAP), que alimenta al Subtablero de ambos comedores.



La instalación del alimentador indicado, fue definido en obra (desde el techo del congreso hasta el subtablero ST-G1), para la cual el instalador presentó antes de su ejecución la solución técnica y económica factible de ejecutar, debido a que el Edificio del Congreso es un Monumento Histórico.

Desde el subtablero ST – G1 se alimenta a los tableros T – 1 (comedor de congresistas) y al T – 2 (comedor de empleados).

#### Sistema de Teléfonos:

Con el objeto de cubrir las necesidades de servicio telefónico de los Comedores se ha previsto una red de conductos y cajas, las cuales se interconectarán a los racks telefónicos existentes en el edificio del congreso.

### **2.1.2. Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

#### **2.1.2.1. Memoria Descriptiva de Arquitectura**

El proyecto “Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.”, tiene como finalidad incrementar el área de producción de hilandería, propiedad del Sr. Antonio Musiris.

Esta obra se encuentra ubicada en el distrito de Santa Anita, en la zona industrial a la altura de la cuadra 35 de la Carretera Central.

El área destinada a esta ampliación se halla al lado izquierdo del portón principal de acceso a la planta, entre el cerco perimétrico y el área de oficinas.

Dadas las dimensiones y características propias de las maquinarias de hilandería, las normas de seguridad pertinentes y los requerimientos de espacio libre, el proyecto contempló un área libre de 10.0 x 44.0 m<sup>2</sup>, sin columnas intermedias, con una altura de piso a techo de 4.60 m.



En cuanto a los acabados se presupuestó únicamente el tarrajeo interior, resane del cielo raso y tarrajeo exterior de las vigas de borde de la tridilosa.

### **2.1.2.2. Memoria Descriptiva de Estructuras**

El diseño estructural esta basado en el proyecto arquitectónico, el cual contempla un área libre de 10.0 x 44.0 m<sup>2</sup>, sin columnas intermedias, con una altura de piso a techo de 4.60 m, para lo cual se decido aprovechar las columnas existentes en el cerco perimétrico y el edificio de oficinas las cuales tienen una altura de 4.00 m, por lo cual se ampliaron las columnas existentes en 0.60 m, a fin de llegar a la altura del proyecto.

El sistema de ventilación de la ampliación de la planta se ha resuelto con una línea continua de ventanas altas de 0.60 m sobre el edificio de oficinas.

Debido a la presencia de luces mayores de 9 metros, se utilizó un SISTEMA DE ESTRUCTURACIÓN ESPACIAL COMPUESTO (EEC), el cual se adecua para cubrir grandes luces y sobrecargas, así como para dar flexibilidad al manejo de espacios o distribución arquitectónica, donde los elementos resistentes serán columnas perimetrales de forma cuadrada, considerando una sobrecarga de 250 kg/cm<sup>2</sup>, con una sección de EEC constante de 0.50 m.

La Estructura Espacial Compuesta está conformada por una losa superior maciza de concreto de 7 cm, una malla de acero corrugado soldada en los nudos, para efectos del punzonamiento se consideraron capiteles perimetrales los cuales son dimensionados de acuerdo a las normas vigentes, además como parte de la estructura se consideró una viga perimetral de sección rectangular como elemento de borde y tapa, para controlar la deflexión de la losa, así mismo dentro del diseño se consideró una losa inferior perimetral de 1.0 m de ancho y de 7 cm de espesor que tiene como finalidad controlar la inversión de momentos en caso de sismos.

El análisis y diseño de la Estructura Espacial Compuesta se ha efectuado empleando el método aproximado de elementos finitos con asimilación a losa continua (empleando el programa informático "Andrea" usando el método de elementos finitos isoparametrico de 8 nudos con el funcional de REISSNER creado por el Dr. Luis Miguel Bozzo Rotondo).



Obtenidos los resultados del análisis de los esfuerzos en dos direcciones así como los cortantes y momentos torsores, se procedió al diseño de los elementos de la estructura empleando el método ACI – 318 (95) y el Reglamento Nacional de Edificaciones en el Rubro ESTRUCTURAS E-030.

Para evitar fisuras milimétricas por efecto de consolidación de incrementos de temperatura y asentamientos infinitesimales del terreno, la losa superior de concreto lleva una malla electrosoldada de espesor 4.5 mm con cocadas de 15 x 15 cm.

**NOTA:**

El presente proyecto no contempla instalaciones sanitarias, ni instalaciones eléctricas.



## ***2.2. Especificaciones Técnicas***

---

### ***2.2.1. Obra: Comedores del Congreso de la República***

#### ***2.2.1.1. Especificaciones Técnicas de Arquitectura***

Las especificaciones técnicas de arquitectura contienen los principales requerimientos correspondientes a los trabajos de acabados y arquitectura, teniendo en cuenta los diferentes materiales empleados, las unidades de medición, características y condiciones de trabajo, sin embargo dado que el tema principal de la presente tesis gira alrededor de la estructura espacial compuesta, extenderme detallando las especificaciones técnicas de arquitectura carece de sentido, es por ello no forman parte de este volumen.

#### ***2.2.1.2. Especificaciones Técnicas de Estructuras***

Las presentes especificaciones describen en forma general los trabajos que se realizaron durante la construcción de la estructura.



### 2.2.1.2.1. Obras Preliminares

Las obras preliminares incluyeron los trabajos de:

- Movilización y desmovilización de equipo mecánico
- Trazo y replanteo
- Construcción de la caseta y el almacén
- Rotura de la vereda
- Demolición de estructuras de concreto
- Retiro y reposición de cerco

a) Movilización y desmovilización de equipo mecánico:

Consistió en transportar todo el equipo necesario para instalar y iniciar la construcción, considerando el costo de traslado a la obra, limpieza del sitio e instalación y traslado al lugar de origen cuando la obra finalizó.

El contratista antes de movilizar el equipo a obra, presentó a la entidad contratante la lista completa del equipo de construcción usado y/o nuevo que se proponía a emplear en la obra para su respectiva aprobación, consignando siguiente la información:

- o Descripción del equipo
- o Potencia de fabrica
- o Potencia actual
- o Antigüedad
- o Peso
- o Tiempo de servicio
- o Otras características propias del equipo

La partida de movilización y desmovilización se midió en peso, cuantificándolo en toneladas, la unidad de medida y de pago fue GBL.

b) Trazo y Replanteo:

La materialización sobre el terreno deberá ser precisa y exacta sobre todo los ejes definitivos de las columnas de la estructura, las dimensiones de las estructuras y sus niveles de fundación. Para tal efecto se dejaron marcas y señales fijas de referencia con carácter permanente y temporales (balizas).





El control del trazo y replanteo se efectuó en todas las etapas del proceso constructivo de la estructura, empezando con la cimentación de las columnas, hasta el trazo para el montaje de la Estructura Espacial Compuesta.

Así mismo se tuvo mucho cuidado para determinar la cota de fondo de cimentación y demás elementos. Unidad de medida y pago M2

c) Construcción de Caseta y Almacén:

Se construyó una caseta y almacén con área suficiente para albergar tanto al personal técnico, obrero, materiales, equipo mecánico, etc dando la seguridad del caso así como las condiciones de salubridad, con sus respectivas instalaciones básicas.

Los materiales a utilizados fueron en su mayor parte de madera, el techo fué de calamina, para proteger de mejor forma el interior ante lluvias y agentes atmosféricos. Unidad de medida y pago GLB.

d) Rotura de Vereda:

Mediante esta partida se efectuaran los trabajos de rotura de veredas existentes, así como el retiro del piso adoquinado, cuyas áreas forman parte de la construcción de los comedores.

La ejecución de la rotura de veredas y retiro del piso adoquinado estuvo bajo la dirección del ingeniero residente, quien estructuró un programa de demolición de principio a fin, tomando las precauciones necesarias sobre las instalaciones eléctricas, sanitarias y otras existentes. Unidad de medida y pago: M2.

e) Demolición de estructuras de concreto:

Mediante esta partida se efectuaron los trabajos de demolición de estructuras de concreto existentes en la zona de ADMINISTRACIÓN y DISIC ubicados en la parte posterior del edificio del Congreso de la República.



La ejecución de la demolición estuvo a cargo del ingeniero residente de obra, el cual estructuró un programa de demolición de principio a fin y veló por su fiel cumplimiento, para ello proporcionó las herramientas y equipos adecuados al personal especializado.  
Unidad de medida y pago : M2.

f) Retiro y reposición de cerco

Mediante esta partida se efectuaron los trabajos de demolición, retiro y reposición del cerco existente en la parte lateral derecha del edificio del Congreso de la República.

La ejecución de la demolición y recomposición del cerco estuvo a cargo del ingeniero residente de obra, el cual estructuró un programa de demolición y recomposición del cerco acorde con las recomendaciones del INC, asimismo veló por su fiel cumplimiento, para ello proporcionó las herramientas y equipos adecuados al personal especializado.  
Unidad de medida y pago : GBL

#### 2.2.1.2.2. Movimiento de Tierras

Los trabajos de movimiento de tierras incluyeron los siguientes trabajos:

- Excavaciones
- Eliminación de material excedente
- Rellenos de excavación

a) Excavaciones:

Las excavaciones constituyen el movimiento de todo el material y de cualquier naturaleza, necesario para la construcción de las cimentaciones y subestructuras de acuerdo a los planos e indicaciones del ingeniero residente de obra.

El fondo de la cimentación fue nivelada, asimismo se eliminó todo el material suelto para de este modo obtener una superficie firme ya sea escalonada o rugosa.



Además se verificó que todas las grietas estén limpias y rellenas de concreto o pasta de cemento, asimismo se debe tomar las precauciones del caso para no producir alteraciones en la consistencia del terreno natural de base al ejecutar los trabajos de excavación y nivelación.

Todos los espacios excavados y no ocupados por columnas, cimentación u otra obra permanente, fueron rellenos hasta la superficie del terreno circundante teniendo en cuenta los asentamientos.

Cuando la estabilidad de las paredes de las excavaciones lo requirieron se construyeron, entibados y tablestacados. Unidad de medida y pago : M3.

b) Eliminación de material excedente:

Esta partida consistió en el retiro de todo el material excedente y del material inservible, incluyendo los conglomerados que salieron a la superficie y todos los objetos que indique el inspector. Asimismo se consideró como volumen de medición, al volumen de la estructura que ocupa la zona excavada. Unidad de medida y pago : M3.

c) Rellenos de excavación:

Los rellenos están referidos al movimiento de tierras ejecutado para colmar todos los espacios excavados y no ocupados por las cimentaciones y elevaciones de los muros de contención.

Todo material de relleno fue de calidad aceptable a juicio del ingeniero inspector y no contuvo materia orgánica ni elementos inestables o de fácil alteración. El relleno se ejecutó hasta la superficie del terreno circundante teniendo en cuenta los asentamientos que puedan producirse en su seno. Unidad de medida y pago : M3.



### 2.2.1.2.3. Obras de Concreto

a) Materiales:

• Cemento Pórtland

El cemento a utilizado en la preparación del concreto fue Cemento Pórtland tipo 1, el cual debe cumplir con las Especificaciones y Normas NTP para cemento Pórtland.

• Agua

El agua utilizada en la preparación del concreto fue agua dulce limpia libre de soluciones químicas u otros agentes que puedan ser perjudiciales al fraguado, resistencia o durabilidad del concreto o que reste durabilidad a la armadura de acero embebido.

• Agregados Finos

Se considera como agregados finos, a la arena o piedra natural finamente triturada de dimensiones reducidas y que pasan como mínimo el 95% por el tamiz NTP 4.76 mm (N°4) quedando como mínimo, el 90% en el tamiz NPT N°100. La graduación recomendada fue la siguiente:

Malla	Porcentaje que Pasa (% Peso )
N°4	95 – 100
N°8	80 – 100
N°16	50 – 100
N°30	25 – 80
N°50	10 – 80
N°100	2 – 10

El porcentaje retenido ente dos mallas sucesivas no excederá el 45% y el módulo de fineza no será menor de 2.3 ni mayor de 3.1. El agregado fino no debe contener arcillas (material que pasa la malla N°200) en un porcentaje que exceda el 3% en peso. No se admitió el contenido de materiales de origen orgánico, ni cualquier otra sustancia que produzca reacción química alguna con el cemento.



- Agregados Gruesos

Los agregados gruesos deben ser gravas o piedra chancada denominándose así cuando estos quedan retenidos como mínimo el 95% en el tamiz N°4. El tamaño máximo para concreto armado fue el que pasa por el tamiz de 2 ½".

Las gravas o la piedra triturada, provienen de rocas duras y estables, resistentes a la abrasión por impacto y a la deterioración causada por cambios de temperatura o heladas, no deben contener arcilla en un porcentaje que exceda el 1% de su peso. No deben contener materiales orgánicos ni rocas en desintegración. No deben tener reacción química con el cemento. Al ser sometidas a la prueba de abrasión la pérdida debe ser menor del 50%.

- Acero

El acero de refuerzo estaba compuesto por barras de acero rectas de sección circular con resaltes Hi-bond en su superficie, para aumentar la adherencia con el concreto.

Este debe cumplir las normas técnicas ASTM – A615 – Grado 60 – 95c. Asimismo las barras de acero fueron identificadas por marcas de laminación en alto relieve que indican: el fabricante, el diámetro, la norma y el grado del acero. El límite de fluencia ( $f_y$ ) mínimo es de 42.2 kg/mm<sup>2</sup> y debe tener una resistencia a tracción (R) mínima de 63.3 Kg/mm<sup>2</sup>.

Los dobleces para estribos abiertos y cerrados tienen un radio en la parte interior de la barra, no menor que el diámetro de la barra. Cuando los dobleces se hacen en zonas en las que la barra trabaja a un esfuerzo elevado se le dará un radio adecuado de doblez para evitar aplastamiento del concreto.

El doblado de todas las barras fue en frío. No se dobló en obra ninguna barra parcialmente embebida en concreto, excepto lo indicado en los planos o que sea permitido por el proyectista.



b) Procesos Básicos del Concreto:

- Mezcla

Para este trabajo se empleó una mezcladora concreto de 11 Pie<sup>3</sup>. La mezcla se realizó hasta que exista una distribución uniforme de los materiales. La mezcladora se descargaba completamente antes de volver a cargarla. El tiempo de mezcla del concreto dura cuando menos un minuto y medio después que todos los materiales estaban en el tambor. La mezcladora giraba a la velocidad establecida por los fabricantes.

En el caso de concreto premezclado la mezcla y entrega se realizó de acuerdo a los requisitos establecidos en el anexo 19 del reglamento de concreto armado del Perú.

Durante el vaciado el concreto se apisonó por medios aprobados a fin de que se acomode perfectamente en las aristas del encofrado y envuelva a la barras de la armadura.

- Vaciado

Durante el vertido del concreto se previno el peligro que puede originar el vertido brusco del concreto, así como las consecuencias similares del vibrado. El vertido del concreto en las columnas exigió el empleo de andamios, plataformas especiales fijas o móviles de manera que el trabajo pueda efectuarse en las mejores condiciones de seguridad.

El vertido del concreto sobre el encofrado de las losas se efectuó evitando la concentración de grandes masas de concreto en áreas reducidas. El vertido del concreto se realizó siguiendo las normas del Reglamento de Concreto del Perú en cuanto a calidad y colocación material.

- Curado

El concreto de Cemento Pórtland de todas las estructuras se debe mantener en estado de humedad por lo menos hasta después de siete días de vaciado y por encima de los 10° centígrados. Cuando el concreto es preparado con cementos de alta resistencia inicial este periodo puede reducirse a tres días.



- Fraguado

Durante el fraguado en tiempo cálido, es muy importante que el concreto fresco este siempre protegido contra la temperatura alta a fin de que las resistencias de concreto no resulten afectadas. Las losas delgadas pierden color rápidamente por lo cual exigen mayores precauciones.

Las obras de concreto comprenden los siguientes rubros:

- Obras de concreto ciclópeo
- Obras de concreto simple
- Obras de concreto armado

Para lo concerniente a concreto y cemento además de las disposiciones aquí presentes se aplicó todo lo estipulado en el Reglamento Nacional de Construcciones, en particular en la NTE-E060 de Concreto Armado y complementariamente el reglamento ACI – 318.

- c) Encofrado y Desencofrado:

Las cimbras o encofrados deben tener una resistencia y estabilidad suficiente para soportar los esfuerzos estáticos y dinámicos (peso propio, circulación del personal, vibrado del concreto y eventuales cargas sismo o viento).

El dimensionamiento y las disposiciones constructivas (apuntalamiento, arriostramiento, etc.) de los encofrados fueron de responsabilidad del ingeniero residente de la obra.

Los encofrados tuvieron la forma y dimensiones de los elementos estructurales indicados en los planos, estuvieron lo suficientemente unidos para evitar la pérdida del mortero. Se arriostraron de forma conveniente para mantenerlo en su posición y evitar que se deformen. El desencofrado se realizó de modo que no se ponga en peligro la estabilidad de la estructura. Unidad de medida y pago: M2.



d) Obras de Concreto Ciclópeo:

Se denominará concreto ciclópeo al concreto que esta complementado con piedras de tamaño máximo de 10", cubriendo hasta el 30% como máximo del volumen total, estas fueron ser introducidas previa selección y lavado con el requisito indispensable que cada piedra este en su ubicación definitiva rodeada de concreto simple. Unidad de medida y pago: M3.

Calzaduras:

En los lugares en se hagan excavaciones que puedan comprometer la estabilidad de los muros vecinos habrá que calzar o recalzar donde sea necesario para darles así una nueva base de fundación evitando de este modo posibles hundimientos y derrumbes.

Estas se realizaron conjuntamente con las excavaciones. Los piques se excavaron alternadamente de manera que entre pique y pique, quedaron como mínimo tres piques sin excavar. No se permitió por ningún motivo el recalzo de un muro hecho de una vez en toda su longitud. Puesto que la pared era larga, se trabajo simultáneamente en varios puntos, teniendo en cuenta que la distancia existente entre dos de ellos fuera superior a 12 veces el espesor del muro que se quiere calzar. Unidad de medida y pago: M3.

e) Obras de concreto simple:

El concreto simple es una mezcla de cemento pórtland, agregado fino, agregado grueso y agua. En la mezcla el agregado grueso deberá estar totalmente envuelto por la pasta de cemento, el agregado fino deberá rellenar los espacios entre el agregado grueso y a la vez estar recubierto por la misma pasta, la que deberá saturar los últimos vacíos remanentes.

f) Obras de concreto armado:

Se denomina concreto armado, al concreto simple cuando este lleva embebido armaduras como refuerzo y que esta diseñado bajo la hipótesis de que los dos materiales trabajan conjuntamente, actuando la armadura para soportar esfuerzos de





tracción o incrementar la resistencia a la compresión del concreto. La colocación y distribución de las armaduras se realizaron según lo dispuesto por el Reglamento de Concreto Armado NTE – E060, complementado con el reglamento ACI – 318 – 95.

### **2.2.1.3. Especificaciones Técnicas de Instalaciones Sanitarias**

Las especificaciones técnicas de instalaciones sanitarias contienen las principales características y requerimientos que deben cumplir los materiales y equipos, teniendo en cuenta los sistemas de abastecimiento de agua y evacuación de aguas servidas, así mismo contiene las unidades de medición características y condiciones de trabajo, sin embargo dado que el tema principal de la presente tesis gira alrededor de la estructura espacial compuesta, extenderme detallando las especificaciones técnicas de instalaciones sanitarias carece de sentido, es por ello que no forman parte de este volumen.

### **2.2.1.4. Especificaciones Técnicas de Instalaciones Eléctricas**

Las especificaciones técnicas de instalaciones eléctricas contienen las principales características y requerimientos que deben cumplir los materiales y equipos, teniendo en cuenta la distribución de las mismas en el interior de la obra, así mismo contiene las unidades de medición características y condiciones de trabajo, sin embargo dado que el tema principal de la presente tesis gira alrededor de la estructura espacial compuesta, extenderme detallando las especificaciones técnicas de instalaciones eléctricas carece de sentido, es por ello que no forman parte de este volumen.



## **2.2.2. Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

### **2.2.2.1. Especificaciones Técnicas de Estructuras**

Las presentes especificaciones describen en forma general los trabajos que se realizaron durante la construcción de la estructura.

#### **2.2.2.1.1. Obras Preliminares**

Las obras preliminares incluyeron los trabajos de:

- Movilización y desmovilización de equipo mecánico
- Trazo y replanteo
- Construcción de la caseta
- Aumento de columnas en 0.60 m

a) **Movilización y desmovilización de equipo mecánico:**

Consistió en transportar todo el equipo necesario para instalar y empezar la construcción, considerando el costo de traslado a la obra. Limpieza del sitio e instalación y traslado al lugar de origen cuando la obra haya terminado, la unidad de medida y de pago fue GBL.

b) **Trazo y Replanteo:**

El trazo y replanteo consiste en trasladar a obra los detalles de los planos del proyecto. Para tal efecto se dejaron marcas y señales fijas de referencia con carácter permanente y temporal.

El control de la obra se efectuó durante en todas las etapas del proceso constructivo de la estructura, empezando con en el aumento de las columnas, hasta el trazo para el montaje de la Estructura Espacial Compuesta.

c) **Construcción de Caseta:**

Se construyó una caseta con área suficiente para almacenar herramientas manuales y pertenencias de valor de los trabajadores, es decir que esta caseta funcionó como un mini almacén.



d) Aumento de Columnas Existentes:

Mediante esta partida se efectuaron los trabajos de picado de las columnas existentes, la eliminación del desmote generado, la colocación del adicional de armadura, el encofrado respectivo y el vaciado de concreto.

La ejecución de toda esta partida estuvo bajo la dirección del ingeniero residente, quien verificó a cada momento la correcta ejecución de cada uno de los trabajos anteriormente mencionados, tomando las precauciones necesarias. Unidad de medida y pago: GBL.

2.2.2.1.2. Obras de Concreto

Los materiales empleados en las obras de concreto, (cemento pórtland, agua, agregados finos, agregado grueso, acero), los procesos básicos del concreto (mezcla, vaciado, curado, fraguado), el encofrado - desencofrado, y obras de concreto armado, se encuentran especificados en el ítem 2.2.1.2.3.



## 2.3. Presupuestos

### 2.3.1. Presupuesto de la Obra: Comedores del Congreso de la República

#### Resumen general

Obra : COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA  
Cliente : CONGRESO DE LA REPUBLICA  
Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : LIMA  
Costo al : 30/11/1999

#	Descripción Fórmula	Costo Directo	Total Fórmula
01	ESTRUCTURAS	622,974.68	883,161.08
02	ARQUITECTURA	392,402.86	556,288.86
03	INSTALACIONES SANITARIAS	91,987.54	130,406.32
04	INSTALACIONES ELECTRICAS	113,488.28	160,886.89
T O T A L E S		1,220,853.36	1,730,743.15



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Obra : COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Fórmula 01 : ESTRUCTURAS  
 Cliente : CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : LIMA  
 Costo al : 30/11/1999

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
<b>01.00.00 OBRAS PROVISIONALES</b>						
01.01.00	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPO	GLB	1.00	975.44	975.44	
01.02.00	TRAZO DE NIVELES Y REPLANTEO PRELIMINARES C/EQUIPO	M2	741.25	1.39	1,030.34	
01.03.00	OFICINA PROVISIONAL	M2	32.00	72.09	2,306.88	
01.04.00	CARTEL DE OBRA	UND	1.00	2,000.00	2,000.00	6,312.66
<b>02.00.00 OBRAS PRELIMINARES</b>						
02.01.00	DEMOLICION DE VEREDAS C/EQUIPO	M2	1,180.00	7.11	8,389.80	
02.02.00	REPOSICION DE CERCO PARA ACCESO A RAMPA DE INGRESO	GLB	1.00	1,000.00	1,000.00	
02.03.00	DEMOLICION DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO EXISTENTE	M2	50.25	40.60	2,040.15	
02.04.00	ELIMINACION DE RAMPA DE ACCESO APROX. 300 M3	GLB	1.00	5,050.00	5,050.00	
02.05.00	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	354.00	5.91	2,092.14	18,572.09
<b>03.00.00 MOVIMIENTO DE TIERRAS</b>						
03.01.00	EXCAVACION PARA ZAPATAS Y TANQUE 1.50 M a 1.70 M DE PROF	M3	180.10	26.25	4,727.63	
03.02.00	EXCAVACION DE ZANJAS HASTA 1MT PROF	M3	538.57	18.75	10,098.19	
03.03.00	RELLENO Y COMPACTACION C/MATERIAL PROPIO	M3	242.22	18.56	4,495.60	
03.04.00	ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE	M3	670.20	5.91	3,960.88	23,282.30
<b>04.00.00 OBRAS DE CONCRETO SIMPLE</b>						
04.01.00	CIMENTOS CORRIDOS MEZCLA 1:10 CEMENTO-HORM. 30% PIEDRA	M3	68.40	100.92	6,902.93	
04.02.00	CONCRETO 1:8+25% P.M. PARA SOBRECIMENTOS	M3	8.90	145.32	1,293.35	
04.03.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO SOBRECIMIENTO HASTA 0.30 MT	M2	117.20	15.84	1,856.45	
04.04.00	SOLADO DE CONCRETO POBRE MEZCLA 1:12 CEMENTO-HORMIGON	M2	434.94	15.25	6,632.84	
04.05.00	FALSO PISO DE 4" CON MEZC. 1:8 C:H	M2	1,039.05	16.75	17,404.09	
04.06.00	CONCRETO PREMEZCLADO FC=100 KG/CM2 CALZAD. INC.SERV.BOMBA	M3	29.30	218.72	6,408.50	
04.07.00	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO DE MUROS DE CONCRETO	M2	63.70	24.37	1,552.37	42,050.53
<b>05.00.00 OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>						
<b>05.01.00 ZAPATAS</b>						
05.01.01	CONCRETO FC=175 KG/CM2 - ZAPATAS	M3	31.00	193.57	6,000.67	
05.01.02	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	1,066.50	2.23	2,378.30	8,378.97



Obra : COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Fórmula 01 : ESTRUCTURAS  
 Cliente : CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : LIMA  
 Costo al : 30/11/1999

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
<b>05.02.00 VIGAS DE CIMENTACION4</b>						
05.02.01	CONCRETO FC=175 KG/CM2 - VIGA DE CIMENTACION	M3	14.75	204.94	3,022.87	
05.02.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN CIMIENTOS	M2	73.00	13.14	959.22	
05.02.03	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	1,682.00	2.23	3,750.86	7,732.95
<b>05.03.00 COLUMNAS</b>						
05.03.01	CONCRETO PREMEZCLADO FC= 210KG/CM2 COLUMNAS	M3	15.60	282.93	4,413.71	
05.03.02	CONCRETO F'C=210 KG/CM2. PARA COLUMNAS	M3	9.93	290.75	2,887.15	
05.03.03	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO PARA COLUMNAS	M2	294.70	24.42	7,196.57	
05.03.04	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	6,064.00	2.23	13,522.72	28,020.15
<b>05.04.00 VIGAS</b>						
05.04.01	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2 VIGAS CON IMPERMEABILIZANTE	M3	53.20	285.29	15,177.43	
05.04.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO NORMAL EN VIGAS	M2	395.10	26.57	10,497.81	
05.04.03	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	7,708.53	2.23	17,190.02	42,865.26
<b>05.05.00 TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR E INFERIOR</b>						
05.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2 LOSA C/IMPERMEABILIZANTE	M3	104.50	274.10	28,643.45	
05.05.02	ENCOFRADO SUPERIOR PERDIDO EN CATAHUA	M2	741.05	13.35	9,893.02	
05.05.03	ENCOFRADO LOSA DE FONDO H=4.50 SIST. UNI -SPAN	M2	741.05	44.11	32,687.72	
05.05.04	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	32,323.50	2.23	72,081.41	
05.05.05	SOLDADURA SUPERCITO 1/8"	M2	741.05	4.96	3,675.61	
05.05.06	PINTURA ANTICORROSIVA EN FIERRO CORRUGADO	M2	741.05	3.82	2,830.81	149,812.02
<b>05.06.00 ZAPATA MURO DE CONTENCION</b>						
05.06.01	CONCRETO FC=175 KG/CM2 - ZAPATAS	M3	174.81	193.57	33,837.97	
05.06.02	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	9,889.80	2.23	22,054.25	55,892.22
<b>05.07.00 MURO DE CONTENCION</b>						
05.07.01	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2 MUROS Y PLACAS	M3	216.08	284.26	61,422.90	
05.07.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO PARA MUROS DE CONCRETO	M2	1,785.70	24.37	43,517.51	
05.07.03	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	15,316.26	2.23	34,155.26	
05.07.04	IMPERMEABILIZACION DE MURO DE CONTENCION C/JARDIN	M2	225.00	7.89	1,775.25	140,870.92
<b>05.08.00 GRADAS</b>						
05.08.01	CONCRETO PREMEZCLADO FC=175 KG/CM2 GRADAS Y SARDINELES C/BOMBA	M3	30.10	268.07	8,068.91	
05.08.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO DE GRADAS Y SARDINELES	M2	39.50	19.57	773.02	
05.08.03	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	1,092.00	2.23	2,435.16	11,277.09



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Obra : COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Fórmula 01 : ESTRUCTURAS  
 Cliente : CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : LIMA  
 Costo al : 30/11/1999

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
<b>05.09.00 TANQUE DE EXPULSION DE DESAGÜE</b>						
05.09.01	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2 TANQUE	M3	14.00	282.93	3,961.02	
05.09.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO NORMAL DE TANQUE	M2	55.20	24.37	1,345.22	
05.09.03	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	1,180.40	2.23	2,632.29	7,938.53
<b>05.10.00 VEREDAS Y RAMPAS</b>						
05.10.01	AFIRMADO E=0.10	M2	1,324.98	5.60	7,419.89	
05.10.02	VEREDA FC=140 KG/CM2 E=0.10M. INC.SARDINEL/ENCOFRADO	M2	1,180.00	25.18	29,712.40	
05.10.03	RAMPA DE CONCRETO FC=140 KG/CM2 E=0.10M INC.ACAB.FROTACH. Y BRUÑ.	M2	144.98	12.62	1,829.65	38,961.94
<b>06.00.00 MUROS Y TABIQUES</b>						
06.01.00	MURO LADR.K.K.ARC.SOGA MEZCL 1:4 INC/SOLAQUEADO	M2	1,216.10	33.72	41,006.89	41,006.89

COSTO DIRECTO	622,974.52
GASTOS GENERALES 10.14%	63,169.62
UTILIDAD 10%	62,297.45
<hr/>	
SUB-TOTAL	748,441.59
IMPUESTO IGV 18%	134,719.49
<hr/>	
TOTAL PRESUPUESTO	883,161.08

**SON : OCHOCIENTOS OCHENTITRES MIL CIENTO SESENTIUNO Y 08/100 NUEVOS SOLES**



Obra : COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Fórmula 02 : ARQUITECTURA  
 Cliente : CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : LIMA  
 Costo al : 30/11/1999

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
01.00.00	<b>REVOQUES Y ENLUCIDOS</b>					
01.01.00	TARRAJEO PRIMARIO O RAYADO MUROS INTERIOR	M2	809.04	9.78	7,912.41	
01.02.00	TARRAJEO EXTERIOR ACABADO MEZCLA DE 1:4	M2	509.74	10.53	5,367.56	
01.03.00	TARRAJEO INTERIOR ACABADO MEZCLA DE 1:4	M2	674.06	10.53	7,097.85	
01.04.00	TARRAJEO CON IMPERMEABILIZANTES	M2	344.19	19.47	6,701.38	
01.05.00	VESTIDURA DE DERRAMES MEZ. 1:5 E=1.5CM	M	406.00	5.98	2,427.88	
01.06.00	ACABADO EN CONCRETO EXPUESTO	M2	135.00	32.71	4,415.85	
01.07.00	IMPERMEABILIZACION DE TECHOS	M2	745.10	57.11	42,552.66	76,475.59
02.00.00	<b>PISOS</b>					
02.01.00	CONTRAPISO DE 50 MM.	M2	828.86	15.89	13,170.59	
02.02.00	PISO CERAMICO DE 40X40 COLOR/SAN LORENZO	M2	551.54	67.82	37,405.44	
02.03.00	PISO CERAMICO DE 30X30 COLOR/ SAN LORENZO	M2	209.44	56.48	11,829.17	
02.04.00	PISO DE LAJA	M2	47.34	70.97	3,359.72	
02.05.00	PISO DE CEMENTO FROTACHADO	M2	166.96	18.34	3,062.05	
02.06.00	PISO DE CEMENTO PULIDO Y BRUÑADO E=2" MEZ. 1:4 INC. DESCANSO ESCALERA	M2	137.56	20.00	2,751.20	71,578.17
03.00.00	<b>REVESTIMIENTOS</b>					
03.01.00	<b>REVESTIMIENTOS DE ESCALERAS</b>					
03.01.01	REVESTIMIENTOS DE ESCALERAS EN LAJA AREQUIP.	M2	83.72	70.97	5,941.61	
03.01.02	REVEST. PASOS Y CONTRAPASOS DE ESCALERA	M2	35.75	14.07	503.00	6,444.61
03.02.00	<b>REVESTIMIENTO DE MUROS</b>					
03.02.01	REVESTIMIENTOS DE MUROS EN PIEDRA LABRADA	M2	381.74	120.32	45,930.96	45,930.96
04.00.00	<b>CONTRAZOCALOS</b>					
04.01.00	CONTRAZ. CERAMICO COLOR DE 40X40 H=0.20	M	42.60	13.76	586.18	
04.02.00	CONTRAZ. CERAMIC. COLOR 30X30 H=0.15M	M	125.59	10.59	1,330.00	
04.03.00	CONTRAZ. DE LAJA AREQUIPEÑA H=0.20	M	9.45	23.14	218.67	
04.04.00	CONTRAZOCALO DE CEMENTO C:A / 1:5 H=0.20M	M	245.96	5.46	1,342.94	3,477.79
05.00.00	<b>ZOCALOS</b>					
05.01.00	ZOCAL. CERAM. COLOR 30X30 H=2.2 / SAN LORENZO	M2	357.06	55.29	19,741.85	19,741.85
06.00.00	<b>CARPINTERIA DE MADERA</b>					
06.01.00	PUERTA APANELADA H=2.20M SOBRELUZ H=0.80M	M2	23.40	288.76	6,756.98	
06.02.00	PUERTA CONTRAPLACADA H=2.20M SOBRELUZ H=0.80 C/VIDRIO DE BRONCE 6MM	M2	41.40	162.50	6,727.50	
06.03.00	PUERTA CONTRAPLACADA H=2.20M SOBRELUZ H=0.60 C/VIDRIO DE BRONCE 6MM	M2	9.60	160.26	1,538.50	
06.04.00	VENTANAS APERSIANADAS EN TABLERO MELAMINICO	M2	6.90	173.30	1,195.77	16,218.75





**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Obra : COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Fórmula 02 : ARQUITECTURA  
 Cliente : CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : LIMA  
 Costo al : 30/11/1999

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
<b>07.00.00 VIDRIOS, CRISTALES Y SIMILARES</b>						
07.01.00	CRISTAL TEMPLADO 6MM COLOR BRONCE INC. TRAS. INST. Y ACCESORIOS	M2	20.57	123.97	2,550.06	
07.02.00	CRISTAL TEMPLADO 10MM COLOR BRONCE INC. TRAS. INST. Y ACCESORIOS	M2	146.28	194.60	28,466.09	31,016.15
<b>08.00.00 PINTURA</b>						
08.01.00	PINTURA EN MUROS INTERIORES C/LATEX	M2	674.06	6.45	4,347.69	
08.02.00	PINTURA EN MUROS EXTERIORES C/LATEX	M2	540.04	7.10	3,834.28	
08.03.00	PINTURA EN CIELO RASO C/LATEX INC. EMPASTE C/CHEMA	M2	850.42	11.97	10,179.53	
08.04.00	PINTURA D.D. MATE	M2	93.60	10.41	974.38	19,335.88
<b>09.00.00 APARATOS SANITARIOS Y ACCESORIOS</b>						
<b>09.01.00 APARATOS SANITARIOS</b>						
09.01.01	INODORO ONE PIECE COLOR, MANUAL C/ACCES.	UND	5.00	791.91	3,959.55	
09.01.02	INODORO COLOR P/FLUXOMETRO	UND	12.00	333.87	4,006.44	
09.01.03	OVALIN DE LOSA COLOR	UND	6.00	239.26	1,435.56	
09.01.04	OVALIN SONET COMERCIAL BLANCO INC. ACCES. C/MEZCLADORA	PZA	6.00	239.26	1,435.56	
09.01.05	LAVATORIO DE LOSA COLOR	UND	8.00	199.38	1,595.04	
09.01.06	URINARIO CERAMICO T/PICO DE LORO, CONT.MANUAL GRIF. AGUA FRIA	PZA	4.00	276.99	1,107.96	
09.01.07	LAVADERO DE GRANITO DE 1.00 X 0.60 M	PZA	2.00	332.46	664.92	
09.01.08	LAVADERO CORRIDO DE CONCRETO PULIDO C/ENCH. DE MAYOLICA	M	5.80	351.63	2,039.45	16,244.48
<b>09.02.00 GRIFERIA</b>						
09.02.01	FLUXOMETRO PARA INODORO	UND	12.00	380.38	4,564.56	
09.02.02	FLUXOMETRO PARA URINARIO	UND	4.00	380.38	1,521.52	
09.02.03	MEZCLADORA DE 8"	UND	6.00	210.36	1,262.16	
09.02.04	MEZCLADORA DE 4"	UND	14.00	141.87	1,986.18	
09.02.05	MEZCLADORA PARA DUCHAS	PZA	4.00	304.21	1,216.84	
09.02.06	LLAVE VALVULA TIPO GLOBO	PZA	9.00	50.96	458.64	11,009.90
<b>09.03.00 ACCESORIOS</b>						
09.03.01	PAPELERA CROMADA MARCA	UND	15.00	99.73	1,495.95	
09.03.02	DISPENSADOR ACRILICO DE JABON	UND	22.00	119.99	2,639.78	
09.03.03	JABONERA DE LOSA COLOR C/ASA DE 15X15	UND	4.00	19.98	79.92	
09.03.04	TOALLERA CROMADA	UND	4.00	107.25	429.00	
09.03.05	DISPENSER ACRILICO TOALLA PAPEL	UND	8.00	119.99	959.92	
09.03.06	GANCHO DE ARGOLLA	PZA	4.00	49.21	196.84	
09.03.07	ESPEJO	P2	294.80	4.75	1,400.30	7,201.71



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Obra : COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Fórmula 02 : ARQUITECTURA  
 Cliente : CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : LIMA  
 Costo al : 30/11/1999

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
<b>10.00.00 CERRAJERIA</b>						
10.01.00	CERRADURA PARA EXTERIOR 2 GOLPES	UND	3.00	66.25	198.75	
10.02.00	CHAPA BRONCE TIPO BOLA P/BAÑOS	UND	2.00	54.93	109.86	
10.03.00	CERRADURA CROMADA TIPO PERILLA P/BAÑOS	UND	11.00	47.20	519.20	
10.04.00	CERRADURA P/PUERTAS DE CRISTAL TEMPLADO	UND	16.00	173.59	2,777.44	
10.05.00	CERRADURA P/PUERTA CHAPA TIPO PERILLA AMBOS LADOS	UND	2.00	54.93	109.86	
10.06.00	BISAGRA CAPUCHINA BRONCE DE 3 1/2"	PZA	8.00	30.71	245.68	
10.07.00	BISAGRA CAPUCHINA 3 1/2" X 3 1/2" ALUM INC. COLOC	PZA	64.00	8.58	549.12	
10.08.00	BISAGRA TIPO VAIVEN ALUMINIZADAS	UND	9.00	68.02	612.18	
10.09.00	CIERRA PUERTAS HIDRAULICO DE PISO	PZA	8.00	553.23	4,425.84	9,547.93
<b>11.00.00 OBRAS VARIAS</b>						
11.01.00	MUEBLE DE TOCADOR EN SSHH C/TABLERO MARMOL Y PUERTA MELAMINE	M	16.85	393.20	6,625.42	
11.02.00	DIVISION METALICA P/SSHH C/INST. Y ALDUCO	M	30.10	1,575.00	47,407.50	
11.03.00	ARMARIO ALTO EXTERIOR EN ZONA DE GAS	M	5.00	346.54	1,732.70	
11.04.00	GARGOLAS P/DESAGUAR JARDINES	UND	4.00	32.99	131.96	
11.05.00	TIERRA DE CHACRA	M3	144.50	15.78	2,280.21	58,177.79
COSTO DIRECTO						392,401.56
GASTOS GENERALES 10.14%						39,789.52
UTILIDAD 10%						39,240.16
SUB-TOTAL						471,431.24
IMPUESTO IGV 18%						84,857.62
TOTAL PRESUPUESTO						556,288.86

**SON : QUINIENTOS CINCUENTISEIS MIL DOSCIENTOS OCHENTIOCHO Y 86/100 NUEVOS SOLES**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Obra : COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Fórmula 03 : INSTALACIONES SANITARIAS  
 Cliente : CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : LIMA  
 Costo al : 30/11/1999

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
<b>01.00.00 RED DE DESAGÜE</b>						
01.01.00	SALIDA DE DESAGUE PVC SAL	PTO	79.00	60.32	4,765.28	
01.02.00	CAJA DE REGISTRO DE CONCRETO 12" X 24" (0.30X0.60)	PZA	6.00	88.05	528.30	
01.03.00	TRAMPA DE GRASA	UND	8.00	133.60	1,068.80	
01.04.00	SUMIN. E INST. DE TUBERIA DE 6"	M	40.00	44.84	1,793.60	8,155.98
<b>02.00.00 SISTEMA DE AGUA</b>						
02.01.00	SALIDA DE AGUA FRIA	PTO	64.00	36.43	2,331.52	
02.02.00	PUNTO DE AGUA CALIENTE CON COBRE	PTO	28.00	94.73	2,652.44	
02.03.00	EQ. HIDRON/2 ELECT. P/1.8 LPS Y HDT=3.6M Y 2 TANQ. PRES 200G	UND	1.00	3,269.09	3,269.09	
02.04.00	SUM. E INST. 2 1/2" PVC SAP A-10 C/UNIONES ROSCADAS	M	8.00	25.38	203.04	
02.05.00	SUM. E INST. TUBERIA PVC SAP 2"	M	90.00	18.72	1,684.80	
02.06.00	SUM. E INST. DE TUBERIA DE F°G° 3"	M	4.00	144.95	579.80	
02.07.00	SUM. E INST. DE TUBERIA 2 1/2" FIERRO GALVANIZADO	M	10.00	104.26	1,042.60	
02.08.00	VALVULAS DE COMPUERTAS DE BRONCE DE 2 1/2"	PZA	5.00	264.25	1,321.25	
02.09.00	VALVULA CHECK DE BRONCE 2 1/2"	UND	3.00	240.92	722.76	
02.10.00	SUMI. E INST. DE CODO F°G° 3"X90°	UND	2.00	20.36	40.72	
02.11.00	SUMI. E INST. DE TEE F°G° 2 1/2"	UND	3.00	22.36	67.08	
02.12.00	SUMI. E INST. DE CODO 2 1/2"X90° DE FIERRO GALVANIZADO	UND	4.00	18.36	73.44	
02.13.00	PRUEBA HIDRAULICA Y DESINFECCION	M	300.00	1.86	558.00	14,546.54
<b>03.00.00 SISTEMA DE DESAGUE</b>						
03.01.00	TUBERIA PVC SAL D=4" DESAGÜE	M	94.00	27.33	2,569.02	
03.02.00	TUBERIA PVC SAL D=3" DESAGÜE	M	35.00	18.04	631.40	
03.03.00	TUBERIA PVC SAL D=2" DESAGÜE	M	215.00	25.47	5,476.05	
03.04.00	YEE PVC SAL 4"	PZA	10.00	26.50	265.00	
03.05.00	YEE PVC SAL SP RAMAL CON REDUCCION DE 4" A 3"	UND	8.00	27.95	223.60	
03.06.00	YEE PVC SAL SP RAMAL CON REDUCCION DE 4" A 2"	UND	10.00	20.32	203.20	
03.07.00	YEE PVC SAL DE 4"X4"	UND	33.00	27.39	903.87	
03.08.00	YEE PVC SAL DE 3"X3"	UND	9.00	23.54	211.86	
03.09.00	YEE PVC SAL DE 3"X2"	UND	1.00	19.66	19.66	
03.10.00	YEE PVC SAL DE 2"X2"	UND	20.00	13.81	276.20	
03.11.00	TEE PVC SAL D=4"	UND	7.00	24.33	170.31	
03.12.00	TEE PVC SAL D=2"	UND	30.00	15.89	476.70	
03.13.00	CODO PVC P/DESAGUE 4"X90°	UND	4.00	19.40	77.60	
03.14.00	CODO PVC P/DESAGUE 2"X90°	UND	166.00	31.17	5,174.22	
03.15.00	CODO PVC P/DESAGUE 4"X45°	UND	14.00	20.62	288.68	
03.16.00	CODO PVC P/DESAGUE 3"X45°	UND	7.00	17.87	125.09	
03.17.00	CODO PVC P/DESAGUE 2"X45°	UND	10.00	13.00	130.00	
03.18.00	CODO PVC P/DESAGUE 3"X90°	UND	2.00	19.08	38.16	
03.19.00	REDUCCION PVC SAL DE 4" A 2"	UND	23.00	9.46	217.58	
03.20.00	REDUCCION PVC SAL DE 3" A 2"	UND	18.00	8.91	160.38	
03.21.00	TRAMPA "P" PVC 4"	UND	1.00	48.09	48.09	
03.22.00	TRAMPA "P" PVC 3"	UND	11.00	30.35	333.85	
03.23.00	TRAMPA "P" PVC 2"	UND	7.00	12.84	89.88	
03.24.00	SUM. E INST DE SOMBRERO DE VENTILACION 2" PVC	UND	21.00	11.25	236.25	
03.25.00	PRUEBA HIDRAULICA Y LIMPIEZA P/DESAGUE	M	350.00	1.50	525.00	
03.26.00	CONEXION DOMICILIARIA DE DESAGUE 6"	GLB	1.00	802.50	802.50	19,674.15



Obra : COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Fórmula 03 : INSTALACIONES SANITARIAS  
 Cliente : CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : LIMA  
 Costo al : 30/11/1999

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
04.00.00	<b>SISTEMA DE AGUA FRIA</b>					
04.01.00	TUBERIA PVC C-10 SP DE 2" (50MM)	M	148.00	18.58	2,749.84	
04.02.00	TUBERIA PVC C-10 DE 1 1/2"	M	62.00	14.18	879.16	
04.03.00	TUBERIA PVC C-10 DE 1"	M	21.00	11.39	239.19	
04.04.00	TUBERIA PVC C-10 DE 3/4"	M	16.00	10.11	161.76	
04.05.00	TUBERIA PVC C-10 DE 1/2"	M	43.00	9.49	408.07	
04.06.00	SUM. E INST. DE TEE 2"X2" PVC SAP A-10	UND	13.00	30.69	398.97	
04.07.00	SUM. E INST. DE TEE 1 1/2"X1 1/2" PVC SAP A-10	UND	22.00	24.64	542.08	
04.08.00	SUM. E INST. DE TEE 3/4"X3/4" PVC SAP A-10	UND	4.00	10.16	40.64	
04.09.00	SUM. E INST. DE CODO DE PVC DE 2"X90°	UND	11.00	31.17	342.87	
04.10.00	SUM. E INST. DE CODO DE 1 1/2"X90° PVC SAP A-10	UND	47.00	19.54	918.38	
04.11.00	SUM. E INST. DE CODO DE 1"X90° PVC SAP A-10	UND	6.00	11.28	67.68	
04.12.00	SUM. E INST. DE CODO DE 3/4"X90° PVC SAP A-10	UND	4.00	8.09	32.36	
04.13.00	SUM. E INST. DE CODO DE 1/2"X90° PVC SAP A-10	UND	27.00	7.66	206.82	
04.14.00	SUM. E INST. DE REDUCCION PVC 2" A 1 1/2"	UND	9.00	21.61	194.49	
04.15.00	SUM. E INST. DE REDUCCION PVC 2" A 3/4"	UND	1.00	18.00	18.00	
04.16.00	SUM. E INST. DE REDUCCION PVC 2" A 1/2"	UND	5.00	17.00	85.00	
04.17.00	SUM. E INST. DE REDUCCION PVC 1" A 1/2"	UND	11.00	13.88	152.68	
04.18.00	SUM. E INST. DE REDUCCION DE 3/4" A 1/2" PVC SAP C-10	UND	2.00	13.04	26.08	
04.19.00	VALVULAS DE COMPUERTA DE BRONCE DE 2"	PZA	1.00	174.17	174.17	
04.20.00	VALVULAS DE COMPUERTA DE BRONCE DE 1 1/2"	PZA	8.00	100.95	807.60	
04.21.00	VALVULAS DE COMPUERTA DE BRONCE DE 3/4"	PZA	2.00	52.63	105.26	
04.22.00	VALVULAS DE COMPUERTA DE BRONCE DE 1/2"	PZA	1.00	46.67	46.67	
04.23.00	TUBERIA DE COBRE TIPO L D=1" AGUA CALIENTE	M	35.00	73.79	2,582.65	
04.24.00	TUBERIA DE COBRE TIPO L D=3/4" AGUA CALIENTE	M	22.00	65.27	1,435.94	
04.25.00	TUBERIA DE COBRE TIPO L D=1/2" AGUA CALIENTE	M	68.00	59.37	4,037.16	
04.26.00	TEE DE COBRE D=1"X1"	UND	9.00	8.68	78.12	
04.27.00	TEE DE COBRE D=3/4"X3/4"	UND	9.00	14.84	133.56	
04.28.00	TEE DE COBRE D=1/2"X1/2"	UND	4.00	15.64	62.56	
04.29.00	CODO DE COBRE D=1"X90°	UND	2.00	20.98	41.96	
04.30.00	CODO DE COBRE D=3/4"X90°	UND	1.00	23.24	23.24	
04.31.00	CODO DE COBRE D=1/2"X90°	UND	43.00	17.64	758.52	
04.32.00	REDUCCION DE COBRE 1" A 3/4"	UND	4.00	11.56	46.24	
04.33.00	REDUCCION DE COBRE 1" A 1/2"	UND	9.00	11.56	104.04	
04.34.00	REDUCCION DE COBRE 3/4" A 1/2"	UND	13.00	9.15	118.95	
04.35.00	VALVULA DE COMPUERTA DE BRONCE DE 1"	PZA	2.00	64.18	128.36	18,149.07
05.00.00	<b>VARIOS</b>					
05.01.00	TUBERIA DE COBRE TIPO L D=1/2" AGUA CALIENTE	M	37.00	59.37	2,196.69	
05.02.00	CODO DE COBRE D=1/2"X90°	UND	14.00	17.64	246.96	
05.03.00	VALVULA DE GLOBO DE 1/2"	PZA	8.00	37.92	303.36	
05.04.00	SALIDA DE GAS A CALENTADOR	PTO	2.00	96.77	193.54	
05.05.00	SALIDA DE GAS A COCINA	PTO	2.00	94.52	189.04	
05.06.00	CALENTADORES TERMO GAS	UND	2.00	3,530.56	7,061.12	
05.07.00	CAMARA DE BOMBEO DE DESAGUE	UND	2.00	10,112.61	20,225.22	
05.08.00	REGISTROS DE BRONCE DE 2"	PZA	18.00	17.57	316.26	
05.09.00	REGISTROS DE BRONCE DE 4"	PZA	3.00	29.18	87.54	
05.10.00	SUMIDERO DE BRONCE DE 3"	PZA	13.00	49.39	642.07	31,461.80



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

---

COSTO DIRECTO	91,987.54
GASTOS GENERALES 10.14%	9,327.54
UTILIDAD	9,198.75
	-----
SUB-TOTAL	110,513.83
IMPUESTO IGV 18%	19,892.49
	=====
TOTAL PRESUPUESTO	130,406.32

**SON : CIENTO TREINTA MIL CUATROCIENTOS SEIS Y 32/100 NUEVOS SOLES**



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Obra : COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Fórmula 04 : INSTALACIONES ELECTRICAS  
 Cliente : CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : LIMA  
 Costo al : 30/11/1999

Ítem	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
<b>01.00.00 SALIDAS DE ALUMBRADO Y TOMACORRIENTES</b>						
01.01.00	SALIDA DE ALUMBRADO EN TECHO	PTO	107.00	35.38	3,785.66	
01.02.00	SALIDA DE ALUMBRADO EN PARED	PTO	9.00	57.35	516.15	
01.03.00	SALIDA DE TOMACORRIENTES DOBLE C/LINEA A TIERRA	PTO	55.00	72.70	3,998.50	
01.04.00	SALIDA DE ALUMBRADO EXTERIOR	PTO	21.00	78.36	1,645.56	
01.05.00	SALIDA DE TECHO P/SPOT LIGHT	PTO	20.00	85.30	1,706.00	
01.06.00	SALIDA DE TOMACORRIENTE A PRUEBA DE HUMEDAD	PTO	6.00	63.95	383.70	12,035.57
<b>02.00.00 SISTEMA DE COMUNICACIONES</b>						
02.01.00	SALIDA P/TELEFONO EXTERNO	UND	10.00	76.87	768.70	768.70
<b>03.00.00 SALIDAS ESPECIALES</b>						
03.01.00	SALIDA P/CAMPANA EXTRACTORA	PTO	2.00	46.84	93.68	
03.02.00	SALIDA P/CAMARA FRIGORIFICA	PTO	3.00	53.63	160.89	
03.03.00	SALIDA PARA LAVAPLATOS	PTO	2.00	64.73	129.46	384.03
<b>04.00.00 ALIMENTACION PRINCIPAL</b>						
04.01.00	TRAZO Y REPLANTEO	M	130.00	1.09	141.70	
04.02.00	EXCAVACION DE ZANJA 0.50X0.65	M	130.00	6.56	852.80	
04.03.00	RELLENO Y APISONADO C/MATERIAL PROPIO	M	130.00	1.75	227.50	
04.04.00	ALIMENTACION 2-1X6MM2 TW + T-25MM PVC	M	130.00	14.98	1,947.40	3,169.40
<b>05.00.00 TABLEROS</b>						
05.01.00	TABLEROS DE DISTRIBUCION T-1 COMEDOR CONGRESISTAS	UND	1.00	1,167.34	1,167.34	
05.02.00	TABLERO DE DISTRIBUCION T-2 COMEDOR DE EMPLEADOS	UND	1.00	1,109.80	1,109.80	2,277.14
<b>06.00.00 ARTEFACTOS</b>						
06.01.00	SPOT EMPOTRADO CON LAMP. DICROICA 50W-12V-60C/S	UND	20.00	95.95	1,919.00	
06.02.00	ART. EMPOTRADO C/REJILLA FLUORESCENTE 2X36W	UND	46.00	426.37	19,613.02	
06.03.00	ARTEFACTO FLUORESCENTE CIRV 132	UND	6.00	75.93	455.58	
06.04.00	ART. HERMETICO T/FANAL P/CAMARAS DE FRIO	UND	3.00	93.87	281.61	
06.05.00	APLIQUE DECORATIVO C/LAMP. INCANDESC./SH	UND	9.00	156.18	1,405.62	
06.06.00	LUMINARIA TIPO PIRAMIDAL C/LAMP. VAPOR SODIO 70W	UND	21.00	555.84	11,672.64	
06.07.00	LUMINARIA EMP. C/REJILLA LAMP. AHORR./ GRADAS 1X9W	UND	10.00	266.87	2,668.70	
06.08.00	LUMINARIA TIPO ARAÑA C/5 LAMPARAS 100W	UND	5.00	1,724.18	8,620.90	
06.09.00	SPOT CON LAMP. AHORRADORA 2X13W / CORREDOR	UND	17.00	311.00	5,287.00	51,924.07
<b>07.00.00 SISTEMA DE PUESTA A TIERRA</b>						
07.01.00	POZO DE TIERRA	UND	1.00	592.45	592.45	
07.02.00	PRUEBAS DE CONTINUIDAD Y C/EQUIPOS ENCENDIDOS	UND	2.00	600.00	1,200.00	1,792.45



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

Obra : COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Fórmula 04 : INSTALACIONES ELECTRICAS  
 Cliente : CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : LIMA  
 Costo al : 30/11/1999

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
08.00.00	<b>ALIMENTADORES DE TABLEROS</b>					
08.01.00	INTERRUPTOR TERMOMAGNETICO 3X300A 220V/30KA	UND	1.00	278.81	278.81	
08.02.00	TABLERO GENERAL ST-G1	UND	1.00	486.61	486.61	
08.03.00	ALIMENTACION 3-1X185MM2 THW/T-100 PVC-P EN AZOTEA	M	160.00	182.52	29,203.20	
08.04.00	TRAZO Y REPLANTEO	M	121.00	1.09	131.89	
08.05.00	EXCAVACION DE ZANJA 0.50X0.65	M	121.00	6.56	793.76	
08.06.00	RELLENO Y APISONADO C/MATERIAL PROPIO	M	121.00	1.75	211.75	
08.07.00	ALIMENTACION 3-1X70MM2 THW/T-65MM PVC-P	M	121.00	82.90	10,030.90	41,136.92

COSTO DIRECTO	113,488.28
GASTOS GENERALES 10.14%	11,507.71
UTILIDAD	11,348.83
	-----
SUB-TOTAL	136,344.82
IMPUESTO IGV 18%	24,542.07
	=====
TOTAL PRESUPUESTO	160,886.89

**SON : CIENTO SESENTA MIL OCHOCIENTOS OCHENTISEIS Y 89/100 NUEVOS SOLES**



**2.3.2. Presupuesto de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

**Resumen general**

Obra : AMPLIACIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL CROMOTEX S.A.  
 Fórmula 01 : ESTRUCTURAS  
 Cliente : SR. ANTONIO MUSIRIS  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : SANTA ANITA  
 Costo al : 01/08/00

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
01.00.00	<b>OBRAS PRELIMINARES</b>					
01.01.00	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS	GBL	1.00	1,575.00	1,575.00	
01.02.00	AUMENTO DE COLUMNAS H=0.60 M	GBL	1.00	1,575.00	1,575.00	3,150.00
02.00.00	<b>OBRAS DE CONCRETO ARMADO</b>					
02.01.00	<b>VIGAS</b>					
02.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2 VACIADO CON BOMBA	M3	15.50	329.00	5099.50	
02.01.02	ENCOFRADO Y DESENCOFRADO SEMIRUSTICO	M2	145.00	31.50	4567.50	
02.01.03	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	2,702.80	2.42	6,537.00	16,204.00
02.02.00	<b>TRIDILOSA CON UNA LOSA SUPERIOR Y UNA LOSA INFERIOR PERIMETRICA</b>					
02.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO DE 210 KG/CM2 VACIADO CON BOMBA	M3	48.00	329.00	15,792.00	
02.02.02	ENCOFRADO SUPERIOR DESMONTABLE	M2	440.00	12.25	5,390.00	
02.02.03	ENCOFRADO INFERIOR A H=4.60 M	M2	440.00	36.75	16,170.00	
02.02.04	ACERO FY=4200 KG/CM2	KG	9,910.50	2.42	23,933.86	
02.02.05	SOLDADURA SUPERCITO	M2	440.00	2.63	1,156.28	
02.02.06	PINTURA ANTICORROSIVA EN FIERRO CORRUGADO	M2	440.00	5.07	2,230.70	
02.02.07	RESANE DE CIELO RASO	M2	440.0	12.60	5,544.00	70,021.83

COSTO DIRECTO	89,570.84
GASTOS GENERALES 10%	8,957.08
UTILIDAD 10%	8,957.08
SUB-TOTAL	107,485.00
IMPUESTO IGV 18%	19,347.31
TOTAL PRESUPUESTO	126,832.31

**SON : CIENTO VEINTISEIS MIL OCHOCIENTOS TREINTA Y DOS CON 31/100 NUEVOS SOLES**





## 2.4. Análisis de Costos Unitarios

### 2.4.1. Análisis de Costos Unitarios de la Obra: Comedores del Congreso de la República

A continuación presentamos los análisis de costos unitarios del ítem "05.05.00. TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR E INFERIOR", de la sección "2.3.1. Presupuesto de la Obra: Comedores del Congreso de la República".

<b>Partida</b>	05.05.01	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2 LOSA C/IMPERMEABILIZANTE					
<b>Rendimiento</b>	50.000	M3/DIA	<b>Costo unitario directo por : M3</b>			<b>274.10</b>	
<b>Código Descripción Insumo</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
<b>Mano de Obra</b>							
470022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO		HH	2.00	0.3200	8.53	2.73
470101	CAPATAZ		HH	0.20	0.0320	9.43	0.30
470104	PEON		HH	4.00	0.6400	6.87	4.40
							<b>7.43</b>
<b>Materiales</b>							
210132	SERVICIO DE BOMBA P/CONCR. PREMEZCLADO		M3		1.0000	31.50	31.50
210164	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2 LOSA		M3		1.0300	224.00	230.72
301130	ADITIVO IMPERMEABILIZANTE CONCRETO EUCO		KG		0.6000	3.93	2.36
							<b>264.58</b>
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	7.43	0.22
490704	VIBRADOR DE CONCRETO 4 HP 2.40"		HM	2.00	0.3200	5.84	1.87
							<b>2.09</b>



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA**  
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL

<b>Partida</b>	05.05.02	ENCOFRADO SUPERIOR PERDIDO EN CATAHUA					
<b>Rendimiento</b>	95.000	M2/DIA	<b>Costo unitario directo por : M2</b>			<b>13.35</b>	
<b>Código Descripción Insumo</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	
						<b>Parcial</b>	
		<b>Mano de Obra</b>					
470101	CAPATAZ		HH	0.10	0.0084	9.43	0.08
470102	OPERARIO		HH	1.00	0.0842	8.57	0.72
470104	PEON		HH	2.00	0.1684	6.87	1.16
							<b>1.96</b>
		<b>Materiales</b>					
020161	CLAVOS CON CABEZA PROMEDIO		KG		0.1000	2.20	0.22
020410	ALAMBRE NEGRO N°8		KG		0.0500	2.20	0.11
430003	MADERA CATAHUA EN BRUTO		P2		5.5000	2.00	11.00
							<b>11.33</b>
		<b>Equipos</b>					
370101	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.96	0.06
							<b>0.06</b>

<b>Partida</b>	05.05.03	ENCOFRADO LOSA DE FONDO H=4.50 SISTEMA UNI - SPAN					
<b>Rendimiento</b>	40.000	M2/DIA	<b>Costo unitario directo por : M2</b>			<b>44.11</b>	
<b>Código Descripción Insumo</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	
						<b>Parcial</b>	
		<b>Mano de Obra</b>					
470101	CAPATAZ		HH	0.20	0.0400	9.43	0.38
470102	OPERARIO		HH	2.00	0.4000	8.57	3.43
470103	OFICIAL		HH	2.00	0.4000	7.70	3.08
470104	PEON		HH	2.00	0.4000	6.87	2.75
							<b>9.64</b>
		<b>Materiales</b>					
489902	ENCOFRADO METALICO		M2		1.0300	33.00	33.99
							<b>33.99</b>
		<b>Equipos</b>					
370101	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	9.64	0.48
							<b>0.48</b>

<b>Partida</b>	05.05.04	ACERO FY=4200 KG/CM2					
<b>Rendimiento</b>	200.000	KG/DIA	<b>Costo unitario directo por : KG</b>			<b>2.23</b>	
<b>Código Descripción Insumo</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	
						<b>Parcial</b>	
		<b>Mano de Obra</b>					
470101	CAPATAZ		HH	0.10	0.0040	9.43	0.04
470102	OPERARIO		HH	1.00	0.0400	8.57	0.34
470103	OFICIAL		HH	1.00	0.0400	7.70	0.31
							<b>0.69</b>
		<b>Materiales</b>					
020007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16		KG		0.0300	2.20	0.07
030032	FIERRO CORRUGADO PROMEDIO		KG		1.0300	1.40	1.44
							<b>1.51</b>
		<b>Equipos</b>					
370101	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		5.0000	0.69	0.03
							<b>0.03</b>



<b>Partida</b>	05.05.05	SOLDADURA SUPERCITO 1/8"					
<b>Rendimiento</b>	60.000	M2/DIA	<b>Costo unitario directo por : M2</b>			<b>4.96</b>	
<b>Código Descripción Insumo</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	
						<b>Parcial</b>	
		<b>Mano de Obra</b>					
470101	CAPATAZ		HH	0.10	0.0133	9.43	0.13
470102	OPERARIO		HH	1.00	0.1333	8.57	1.14
470104	PEON		HH	0.50	0.0667	6.87	0.46
							<b>1.73</b>
		<b>Materiales</b>					
295001	SOLDADURA SUPERCITO PUNTO AZUL 1/8"		KG		0.4500	6.77	3.05
							<b>3.05</b>
		<b>Equipos</b>					
370101	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.73	0.05
482164	MAQUINA SOLDADORA		HM	1.00	0.1333	1.00	0.13
							<b>0.18</b>

<b>Partida</b>	05.05.06	PINTURA ANTICORROSIVA EN FIERRO CORRUGADO					
<b>Rendimiento</b>	100.000	M2/DIA	<b>Costo unitario directo por : M2</b>			<b>3.82</b>	
<b>Código Descripción Insumo</b>			<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	
						<b>Parcial</b>	
		<b>Mano de Obra</b>					
470101	CAPATAZ		HH	0.10	0.0080	9.43	0.08
470103	OFICIAL		HH	1.00	0.0800	7.70	0.62
470104	PEON		HH	1.00	0.0800	6.87	0.55
							<b>1.25</b>
		<b>Materiales</b>					
530302	AGUARRAZ		GLN		0.1000	10.00	1.00
540600	PINTURA ANTICORROSIVA		GLN		0.0500	30.51	1.53
							<b>2.53</b>
		<b>Equipos</b>					
370101	HERRAMIENTAS MANUALES		%MO		3.0000	1.25	0.04
							<b>0.04</b>

**2.4.2. Análisis de Costos Unitarios de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

A continuación presentamos los análisis de costos unitarios del ítem "02.02.00. TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR Y UNA INFERIOR PERIMETRAL", de la sección "2.3.2. Presupuesto de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.



<b>Partida</b>	01.01.00	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS				
<b>Rendimiento</b>	Global	GBL/DIA		<b>Costo Unitario directo (GBL)</b>	<b>1,575.00</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
470000	MANO DE OBRA	GBL		1.0000	1,050.00	1,050.00
	<b>Equipos</b>					
490000	MAQUINARIA Y EQUIPO IMPORT.	GBL		1.0000	525.00	525.00

<b>Partida</b>	01.02.00	AUMENTO DE COLUMNAS H=0.60 M				
<b>Rendimiento</b>	Global	GBL/DIA		<b>Costo Unitario directo (GBL)</b>	<b>1,575.00</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
470000	MANO DE OBRA	GBL		1.0000	630.00	630.00
	<b>Materiales</b>					
210000	CEMENTO PORTLAND TIPO I	GBL		1.0000	630.00	630.00
	<b>Equipos</b>					
49000	MAQUINARIA Y EQUIPO IMPORT.	GBL		1.0000	315.00	315.00

<b>Partida</b>	02.01.01	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2 VACIADO CON BOMBA				
<b>Rendimiento</b>	40.000	M3/DIA		<b>Costo Unitario directo (M3)</b>	<b>329.00</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>
	<b>Mano de Obra</b>					
470022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	1.00	0.2000	8.53	1.71
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0200	9.43	0.19
470103	OFICIAL	HH	3.00	0.6000	7.70	4.62
470104	PEON	HH	6.00	1.200	6.87	8.24
						<b>14.76</b>
	<b>Materiales</b>					
210164	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210	M3		1.0500	260.00	273.00
210132	SERVICIO DE BOMBA	M3		1.0000	38.40	38.40
						<b>311.40</b>
	<b>Equipos</b>					
370101	HERRAMIENTAS MANUAL	%MO		3.0000	14.76	0.44
490704	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	HM	2.00	0.4000	6.00	2.40
						<b>2.84</b>



Partida	02.01.02	ENCOFRADO Y DEENCOFRADO SEMIRUSTICO					
Rendimiento	10.000	M2/DIA	Costo Unitario directo (M2)			31.50	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0800	9.43	0.75	
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.8000	8.57	6.86	
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.8000	7.70	6.16	
						<b>13.77</b>	
<b>Materiales</b>							
020552	CLAVO CON CABEZA PROMEDIO	KG		0.2400	2.20	0.53	
025301	ALAMBRE NEGRO # 8	KG		0.1000	2.20	0.22	
430195	MADERA NACIONAL ENCOFRADO	P2		7.7550	2.10	16.29	
						<b>17.04</b>	
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUAL	%MO		5.0000	13.77	0.69	
						<b>0.69</b>	

Partida	02.01.03	ACERO FY=4200 KG/CM2					
Rendimiento	200.000	KG/DIA	Costo Unitario directo (KG)			2.42	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0040	9.43	0.04	
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0400	8.57	0.34	
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0400	7.70	0.31	
						<b>0.69</b>	
<b>Materiales</b>							
020007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0300	2.20	0.07	
030032	FIERRO CORRUGADO PROMEDIO	KG		1.0500	1.55	1.63	
						<b>1.70</b>	
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUAL	%MO		5.0000	0.69	0.03	
						<b>0.03</b>	

Partida	02.02.01	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210 KG/CM2 VACIADO CON BOMBA					
Rendimiento	40.000	M3/DIA	Costo Unitario directo (M3)			329.00	
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial	
<b>Mano de Obra</b>							
470022	OPERADOR DE EQUIPO LIVIANO	HH	1.00	0.2000	8.53	1.71	
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0200	9.43	0.19	
470103	OFICIAL	HH	3.00	0.6000	7.70	4.62	
470104	PEON	HH	6.00	1.200	6.87	8.24	
						<b>14.76</b>	
<b>Materiales</b>							
210164	CONCRETO PREMEZCLADO FC=210	M3		1.0500	260.00	273.00	
210132	SERVICIO DE BOMBA	M3		1.0000	38.40	38.40	
						<b>311.40</b>	
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUAL	%MO		3.0000	14.76	0.44	
490704	VIBRADOR DE CONCRETO 4HP 2.40"	HM	2.00	0.4000	6.00	2.40	
						<b>2.84</b>	



<b>Partida</b>	02.02.02	ENCOFRADO SUPERIOR DESMONTABLE					
<b>Rendimiento</b>	100.000	M2/DIA	<b>Costo Unitario directo (M2)</b>			<b>12.25</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0080	9.43	0.08	
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0800	7.70	0.62	
470104	PEON	HH	2.00	0.1600	6.87	1.10	
						<b>1.80</b>	
	<b>Materiales</b>						
020007	ALAMBRE NEGRO # 16	KG		0.0250	2.20	0.06	
489903	PLANCHETAS METALICAS	M2		1.0300	10.00	10.30	
						<b>10.36</b>	
	<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUAL	%MO		5.0000	1.80	0.09	
						<b>0.09</b>	

<b>Partida</b>	02.02.03	ENCOFRADO INFERIOR A H=4.60 M					
<b>Rendimiento</b>	40.000	M2/DIA	<b>Costo Unitario directo (M2)</b>			<b>36.75</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
470101	CAPATAZ	HH	0.20	0.0400	9.43	0.38	
470102	OPERARIO	HH	2.00	0.4000	8.57	3.43	
470103	OFICIAL	HH	2.00	0.4000	7.70	3.08	
470104	PEON	HH	2.00	0.4000	6.87	2.75	
						<b>9.64</b>	
	<b>Materiales</b>						
489904	ENCOFRADO METALICO	M2		1.0300	25.86	26.63	
						<b>26.63</b>	
	<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUAL	%MO		5.0000	9.64	0.48	
						<b>0.48</b>	

<b>Partida</b>	02.02.04	ACERO FY=4200 KG/CM2					
<b>Rendimiento</b>	200.000	KG/DIA	<b>Costo Unitario directo (KG)</b>			<b>2.42</b>	
<b>Código</b>	<b>Descripción Insumo</b>	<b>Unidad</b>	<b>Cuadrilla</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio</b>	<b>Parcial</b>	
	<b>Mano de Obra</b>						
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0040	9.43	0.04	
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.0400	8.57	0.34	
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0400	7.70	0.31	
						<b>0.69</b>	
	<b>Materiales</b>						
020007	ALAMBRE NEGRO RECOCIDO # 16	KG		0.0300	2.20	0.07	
030032	FIERRO CORRUGADO PROMEDIO	KG		1.0500	1.55	1.63	
						<b>1.70</b>	
	<b>Equipos</b>						
370101	HERRAMIENTAS MANUAL	%MO		5.0000	0.69	0.03	
						<b>0.03</b>	



Partida	02.02.05	SOLDADURA SUPERCITO					
Rendimiento	60.000	M2/DIA	Costo Unitario directo (M2)				2.63
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
<b>Mano de Obra</b>							
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0133	9.43		0.13
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.1333	8.57		1.14
470104	PEON	HH	0.33	0.0440	6.87		0.30
							<b>1.57</b>
<b>Materiales</b>							
295001	SOLDADURA SUPERCITO PUNTO AZULKG			0.2000	4.40		0.88
							<b>0.88</b>
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUAL	%MO		3.0000	1.57		0.05
482164	MAQUINA SOLDADORA	HM	1.00	0.1333	1.00		0.13
							<b>0.18</b>

Partida	02.02.06	PINTURA ANTICORROSIVA EN FIERRO CORRUGADO					
Rendimiento	100.000	M2/DIA	Costo Unitario directo (M2)				5.07
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
<b>Mano de Obra</b>							
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0080	9.43		0.08
470103	OFICIAL	HH	1.00	0.0800	7.70		0.62
470104	PEON	HH	1.00	0.0800	6.87		0.55
							<b>1.25</b>
<b>Materiales</b>							
530302	AGUARRAZ	GLN		0.1000	11.50		1.15
540600	PINTURA ANTICORROSIVA	GLN		0.0750	35.00		2.63
							<b>3.78</b>
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUAL	%MO		3.0000	1.25		0.04
							<b>0.04</b>

Partida	02.02.07	RESANE DE CIELO RASO					
Rendimiento	12.000	M2/DIA	Costo Unitario directo (M2)				12.60
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio		Parcial
<b>Mano de Obra</b>							
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0667	9.43		0.63
470102	OPERARIO	HH	1.00	0.6667	8.57		5.71
470104	PEON	HH	0.33	0.2200	6.87		1.51
							<b>7.85</b>
<b>Materiales</b>							
020552	CLAVO CABEZA PROMEDIO	KG		0.0010	2.20		0.00
040101	ARENA FINA	M3		0.0182	16.60		0.30
210201	CEMENTO PORTAND TIPO I	BL		0.1190	13.20		1.57
290101	AGUA	M3		0.0043	9.00		0.04
430192	REGLA DE MADERA	PZA		0.0250	0.70		0.02
							<b>1.93</b>
<b>Equipos</b>							
370101	HERRAMIENTAS MANUAL	%MO		5.0000	7.85		0.39
489905	ANDAMIO METALICO C/RUEDAS	PZA		1.000	2.43		2.43
							<b>2.82</b>



## ***2.5. Relación de Equipos y Herramientas***

---

A continuación presentaremos la relación de equipos y herramientas utilizadas en las obras anteriormente mencionadas, así como sus principales características técnicas.

### ***2.5.1. Equipos Empleados***

#### ***a) Camión:***

Es un equipo que se emplea para carga, transporte, descarga y extendido de material de desbroce, tierra excavada, áridos para firmes y pavimentos, materiales bituminosos, etc.

Estas unidades de acarreo debido a sus altas velocidades al transitar por caminos adecuados, transportando gran cantidad de material, son las más empleadas en la actualidad, ya que proporcionan costos de acarreo relativamente bajos; así mismo suministran un alto grado de comodidad, ya que el número de camiones en servicio puede aumentarse o disminuirse para permitir modificaciones en la capacidad total de acarreo de flota.

La mayoría de los camiones pueden operarse sobre cualquier camino de acarreo cuya superficie sea lo suficientemente firme y llana, y en el que las pendientes no sean demasiado pronunciadas.





Los camiones pueden clasificarse de acuerdo a varios factores, entre las cuales tenemos:

- Tamaño y tipo de motor (gasolina, diesel, butano, propano)
- Número de velocidades o engranes.
- Número de ruedas motrices (dos-ruedas, cuatro-ruedas, seis-ruedas)
- Número de ejes
- Capacidad de carga, en toneladas.
- Clase de material acarreado: tierra, roca, carbón, etc.
- Capacidad en toneladas o en yardas cúbicas.

A continuación presentamos algunas recomendaciones para mejorar el rendimiento de los camiones:

- La carga debe efectuarse con colmo, siempre que sea posible. Cuando las carreteras se encuentren en malas condiciones y el material cargado esté húmedo, no deben llenarse los camiones con colmo.
- La caja del volquete debe conservarse limpia y en buenas condiciones.
- Conviene colocar la parte más pesada de la carga (rocas) en la zona posterior de la caja, a fin de reducir al mínimo el peso sobre el mecanismo del volquete.
- Hay que emplear, durante el transporte, la velocidad más elevada, dentro de la seguridad y la marcha más alta que permita el motor.
- Disponer puntos de cargo y descarga para minimizar el número de maniobras.

#### Camión Articulado Volvo Bm

- Potencia nominal al volante : 223 kw (300 hp)
- Peso operativo : 21690 kg (47320 lb)
- Velocidad máxima : 48 kph (30 mph)
- Capacidades máximas
  - Capacidad al ras : 10 m<sup>3</sup> (13 yd<sup>3</sup>)
  - Capacidad colmada o copeteada : 14 m<sup>3</sup> (18 yd<sup>3</sup>)



**b) Retroexcavadora Cargadora:**

Es un equipo mixto, conformado por la fusión de la retroexcavadora y el cargador frontal, conservando las ventajas de cada uno de estos equipos, siendo el equipo ideal para trabajos de movimiento de tierra en zonas urbanas.

Para excavaciones por debajo de la superficie del terreno natural, se le emplea como retroexcavadora, principalmente para la excavación de trincheras, pozos, sótanos y trabajos generales de excavaciones escalonadas, en donde se requiera un control preciso de las profundidades.

Si el principal objetivo del movimiento de tierras es el de empujar, jalar, cargar o levantar material situado sobre el nivel del terreno, se le emplea como cargador.

**Retroexcavadora Cargadora Caterpillar 426 Serie II**

- Potencia nominal al volante : 56 kw (75 hp)
- Peso operativo : 6633 kg (14626 lb)

**Dimensiones del Retroexcavador**

**Profundidad de excavación máxima del retroexcavador**

- Estándar : 4688 mm (15'5")
- Retraído : 4792 mm (15'9")
- Extendido : 6004 mm (19'8")

**Altura máxima de operación**

- Estándar : 5775 mm (18'11")
- Retraído : 5838 mm (19'2")
- Extendido : 6749 mm (22'2")

**Altura de carga**

- Estándar : 3647 mm (12'0")
- Retraído : 3650 mm (12'0")
- Extendido : 4335 mm (14'3")

**Arco de Giro**

- Estándar : 180°
- Retraído : 180°
- Extendido : 180°



Fuerza de excavación en el cilindro del cucharón

Estándar	:	46.4 kN (10440 lb)
Retraído	:	45.6 kN (10260 lb)
Extendido	:	45.6 kN (10260 lb)

Fuerza de excavación en el cilindro del brazo

Estándar	:	35.2 kN (7920 lb)
Retraído	:	34.3 kN (7718 lb)
Extendido	:	23.9 kN (5378 lb)

– Dimensiones del Cargador

Ancho

Uso general	:	2262 mm (89")
Uso múltiple	:	2262 mm (89")

Capacidad Colmado

Uso general	:	0.96 m3 (1.25 yd3)
Uso múltiple	:	0.76 m3 (1.00 yd3)

Capacidad de levantamiento a altura máxima

Uso general	:	2450 kg (5401 lb)
Uso múltiple	:	2385 kg (5258 lb)

Altura de descarga a 45°

Uso general	:	2562 mm (8'5")
Uso múltiple	:	2668 mm (8'9")

Profundidad de excavación

Uso general	:	102 mm (4")
Uso múltiple	:	132 mm (5")

c) Compactador Vibrador Tipo Plancha:

Es un equipo que se emplea para compactar suelos hasta con 12 a 15% de finos, generalmente en áreas confinadas.

Estos compactadores vibratorios están accionados por motores de combustión interna o por electromotores, quienes activan un oscilador excéntrico, que permite al operador un fácil manejo y una adecuada compactación.



**d) Compresora:**

El aire comprimido es aire atmosférico sometido a presión, de acuerdo la presión necesaria para cada tipo de aplicación. Para hacer funcionar las herramientas neumáticas, los matillos, aparatos de hinca y extracción de pilotes, bombas y motores de aire comprimido, se usa una presión de 6 a 8 atmósferas.

Al comprimir aire se produce calor que por razones técnicas y de seguridad tiene que ser expulsado. Esta es una de las razones por la que las maquinas compresoras poseen compartimientos de refrigeración.

Los compresores constan de las siguientes partes: motor de accionamiento, acoplamiento, compresor, enfriador intermedio situado entre la primera y segunda fase del compresor, enfriador posterior situado después de la segunda fase del compresor y, en las instalaciones pequeñas, un depósito de aire comprimido estructurado en forma d bastidor de la maquina. La refrigeración del motor, del compresor, del refrigerador, intermedio y del refrigerador posterior puede efectuarse con aire o con agua.

**e) Martillo Neumático:**

El martillo de aire comprimido o martillo neumático es una máquina o una herramienta que trabaja con cinceles de todas las formas y con la energía que le proporciona un émbolo accionado por aire comprimido.

Estos martillos se construyen de diferentes tamaños y se dispone de ellos para todos los trabajos necesarios.

**f) Mezcladora de Concreto:**

Es un equipo que se emplea para la mezcla de áridos (agregado grueso y fino), aglomerante (cemento) y agua a fin de preparar concreto. Las severas exigencias de calidad que se exigen al concreto presuponen que las mezcladoras de concreto, elaboren concreto con breves tiempos de amasado consigan su efecto máximo.



Según los problemas que se tengan que resolver, se emplean diversos tipos de mezcladoras.

De acuerdo a la norma DIN 459 las mezcladoras se clasifican en intermitentes o por cargas y continuas, en las que el amasado es ininterrumpido.

En las obras estudiadas se empleó, mezcladoras de concreto por cargas. El modo de trabajo de este equipo, es siguiendo un patrón triple: carga o alimentación, amasado y vaciado, subdividiendo esta categoría en mezcladoras de tambor o comúnmente llamadas "de trompito" y mezcladoras de plataforma.

#### g) Vibrador de Concreto:

Para que el concreto alcance una elevada resistencia una vez colocado en el encofrado, es fundamental que se encuentre bien compactado, para ello empleamos vibradores de concreto.

Estos vibradores pueden ser internos y externos, de acuerdo a su posición con respecto al encofrado, en las obras estudiadas se empleó vibrador interno, debido a la escasa profundidad de penetración de los vibradores externos, ya que la mayoría de los elementos de concreto eran predominantemente longitudinales, y por ende era necesaria una penetración interna o de inmersión, este el caso de paredes, pisos, y grandes piezas de concreto.

El vibrador interno también recibe el nombre de frasco vibrador, ya que la masa descentrada que gira en su interior ocasiona las vibraciones de ese frasco.

Se construyen vibradores internos con diámetros de 25 a 100 mm que trabajan a 6000, 9000 o 12000 vibraciones por minuto.

#### h) Teodolito:

Es un instrumento de precisión diseñado para medir ángulos horizontales y verticales desde un punto, además se pueden medir distancias por taquimetría o por estadía y también para realizar alineamientos rectos.



En cuanto a su estructura, el teodolito esta provisto de limbos, uno horizontal y otro vertical que nos permiten medir ángulos horizontales y verticales respectivamente. Esto debido a que el antejo astronómico o telescopio puede girar a un eje vertical y a un eje horizontal.

Dentro de sus principales partes tenemos:

Parte Fija: llamada también *base* del teodolito en la cual encontramos:

- Soporte que se ajusta al trípode
- Tornillos de nivelación
- Base nivelante
- Nivel circular de la base nivelante
- Tornillo de sujeción del limbo horizontal
- Tornillo de movimiento fino del limbo horizontal

Parte Movil: llamada también *alidada*, quien posee un movimiento de rotación horizontal. En ella encontramos:

- Plomada óptica
- Nivel tubular del limbo horizontal
- Nivel tubular del limbo vertical (cuando este no es automático)
- Tornillo de sujeción horizontal
- Tornillo de movimiento fino de la alidada
- Botón de movimiento fino de la alidada
- Botón del micrómetro óptico
- Espejo de iluminación



## 2.5.2. Herramientas Empleadas

### a) La Lampa:

Es una herramienta manual compuesta por una plancha de acero llamada cuchara, un mango de madera cilíndrico y el asa constituida por acero y madera. Existen varios tipos de lampa aunque los más usados en la construcción son:

- *Lampa Cuadrada.*- se emplea en trabajos donde el material a cargar no ofrece resistencia a su entrada, como en: arena, tierra menuda y suelta (figura N°2-1)
- *Lampa de Punta.*- más adecuada para tierra endurecida y compacta, piedra picada, ya que la punta de la cuchara facilita su entrada en el material a cargar, cuando se empuja (figura N°2-1).

La lampa se emplea generalmente para la excavación de zanjas, carga de material a camiones y preparación de mezclas.

### *Recomendaciones:*

- Evitar y reparar los dientes y dobleces en el filo.
- Conservar el asa y el mango bien ajustados.
- No usar lampas que tengan el mango astillado.
- Utilizar guantes

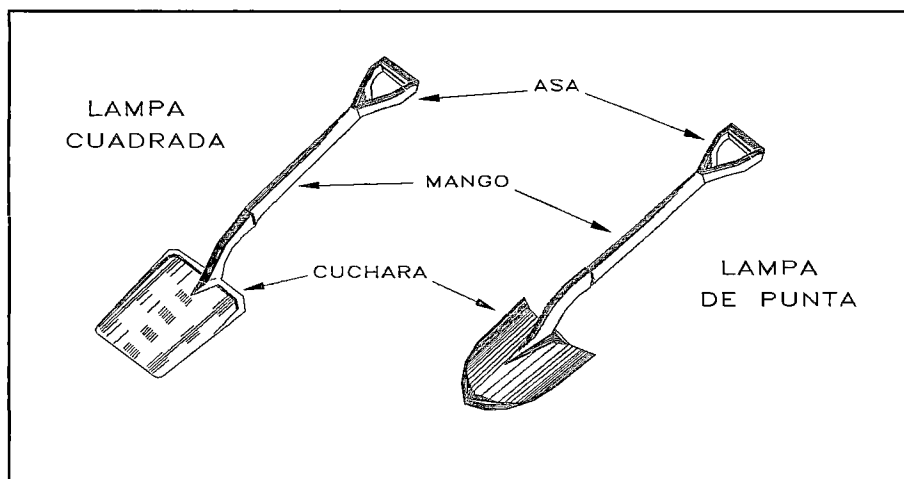


Figura N°2-1. Lampa Cuadrada – Lampa de Punta



**b) El Pico:**

Es una herramienta manual compuesta por un cuerpo metálico en cuyo centro hay un hueco en el que va un mango de madera. Existen varios tipos de pico aunque los más usados en la construcción son:

- *Pico de Pala y Punta.*- tiene un extremo terminado en punta y el otro en forma de pala o cincel. Para trabajar en terreno duro se excava con la punta, y en terreno blando o mediano se trabaja con la pala (figura N°2-2).
- También hay picos de punta en ambos extremos.

El pico se emplea en los pequeños movimientos de tierra, para excavar terrenos duros, remover (picar) algún material. Como recomendación fundamental, se debe mantener el pico con el mango bien ajustado y sin astillas no deterioros que puedan dañar las manos.

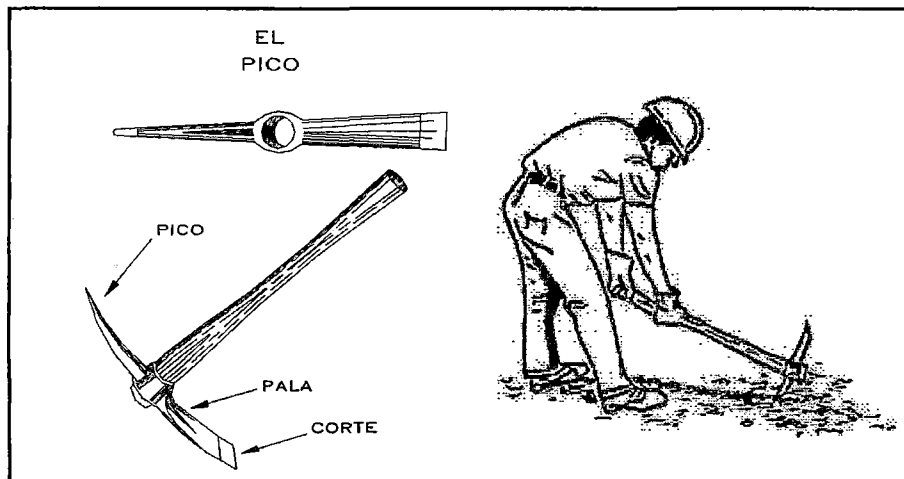


Figura N°2-2. El Pico

**c) Carretilla:**

Es una herramienta manual compuesta de 2 pie<sup>3</sup> de capacidad aproximadamente, provista de una rueda, dos brazos que sirven para conducirla y dos apoyos para mantenerla en posición plana (figura N°2-3).

La carretilla se usa para transportar materiales y como unidad de medida (volumen) para preparar concretos.





**Recomendaciones:**

- La carretilla debe guardarse siempre limpia.
- El eje de la rueda debe estar siempre engrasado.
- No debe cargarse con exceso de peso, ni dejarla caer de golpe.

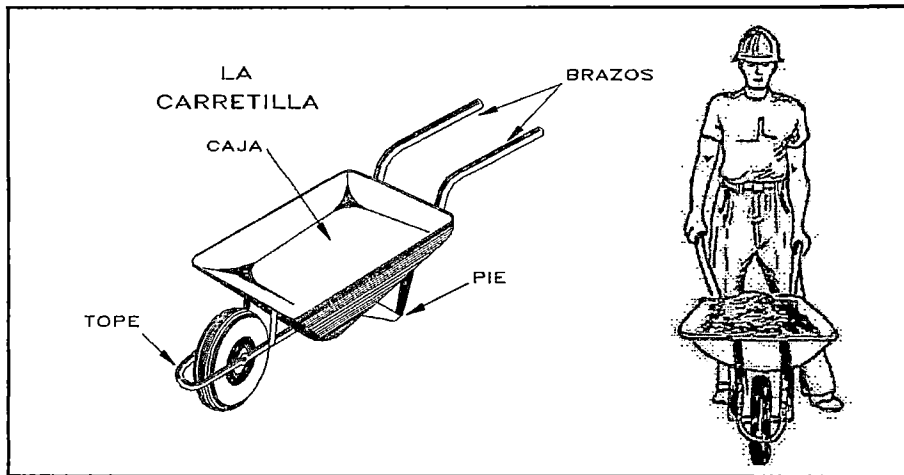


Figura N°2-3. La Carretilla

**d) Escuadra Metálica de Tope o Tacon:**

Es una herramienta manual compuesta por dos piezas colocadas en ángulo recto, una llamada pie o talón y la otra hoja graduada por un cara en centímetros y por la otra pulgadas. Existen de diferentes dimensiones desde 10 cm hasta 50 cm. Se le utiliza principalmente para trazar perpendiculares a una línea o aristas, marcar ángulos rectos y comprobar superficies. Facilita mucho la labor de replanteos en obras de poco volumen (figura N°2-4)

**Recomendaciones:**

- Cuide que la escudra no se golpee ni deteriore para que mantenga su precisión.
- No use la hoja de la escudra para extraer clavos, se rompe facilmente.

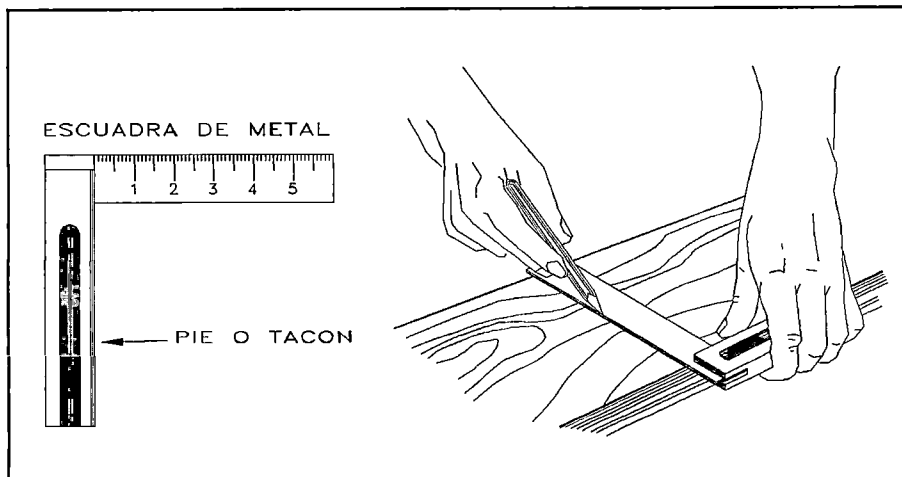


Figura N°2-4. Escuadra de Metal

e) Martillo de Uña:

Es una herramienta de golpeo, formada por una parte de acero (cuerpo) y un mango de madera. El cuerpo del martillo tiene un agujero para introducir el mango, en un extremo se encuentran la cabeza de golpeo y en el otro extremo las uñas (orejas) algo curvadas que se abren en forma angular y sirven para sacar clavos. Existen martillos de diferentes tipos, los que más se usan son el de 16 onzas (450 grs) para clavos medianos y finos (de 1" hasta 2" aproximadamente) y el de 20 onzas (560 grs) para clavos de mayor tamaño, también existen martillos forjados de una sola pieza cuyo mango es forrado con material aislante (figura N°2-5).

El martillo de uña se utiliza para clavar y desclavar, y para otros usos. Es muy útil para trabajos de carpintería o encofrado.

Recomendaciones:

- Conservar el mango bien asegurado para que no se desprenda del cuerpo de acero.
- No trabaje con el mango astillado.

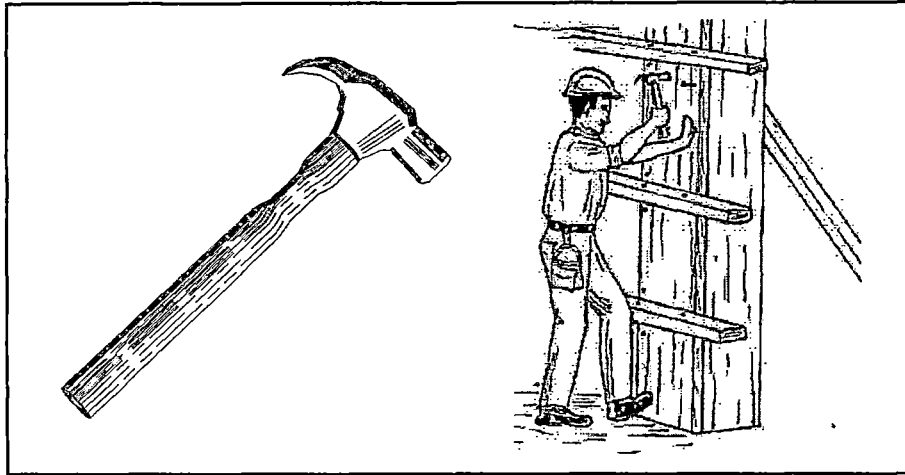


Figura N°2-5. Martillo de Uña

**f) La Barreta:**

Es una herramienta de acero, de 1.20 m a 1.80 m de largo, tiene un extremo que termina en punta y el otro es plano (figura N°2-6). Se le utiliza para remover materiales pesados (piedras grandes, troncos que se encuentran al aperturar zanjas).

**Recomendaciones:**

- Evite rebabas en la punta.
- Use guantes de cuero cuando use esta herramienta.

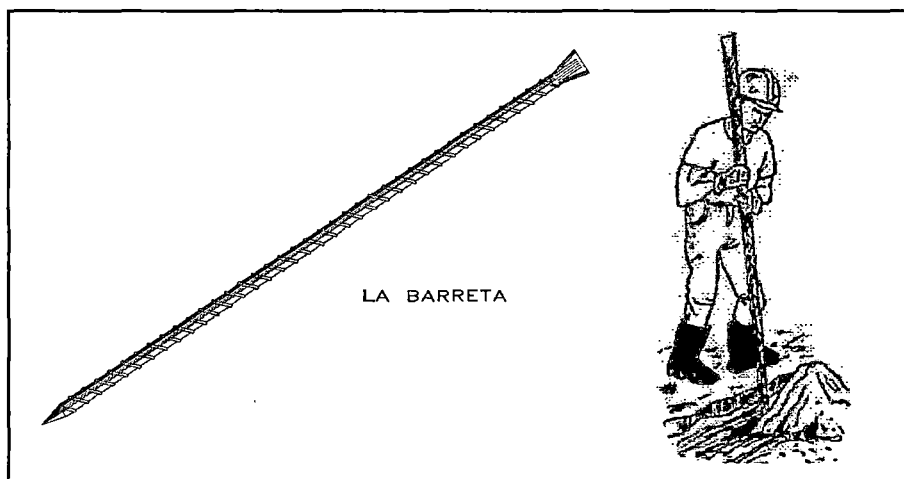


Figura N°2-6. La Barreta



g) Cincel:

Es una herramienta de acero, con un extremo afilado y el otro (cabeza) preparado para poder golpear sobre él con el martillo o comba (figura N°2-7). Hay de distintos tamaños, con diferente peso según el tipo de trabajo a realizar se usa uno u otro. Los tamaños más comunes son los comprendidos entre los 15 cm y 20 cm (6" - 8").

Se le utiliza para la apertura de huecos y ranuras en paredes y techos, cortar tubos y alambres, etc.

*Recomendaciones:*

- No utilice un cincel con la cabeza aplastada o con rebabas para evitar accidentes.
- Afile y quite las rebabas que en ella producen los golpes cada vez que sea necesario.
- Dirija siempre la vista al filo del cincel.
- Utilice anteojos de protección.

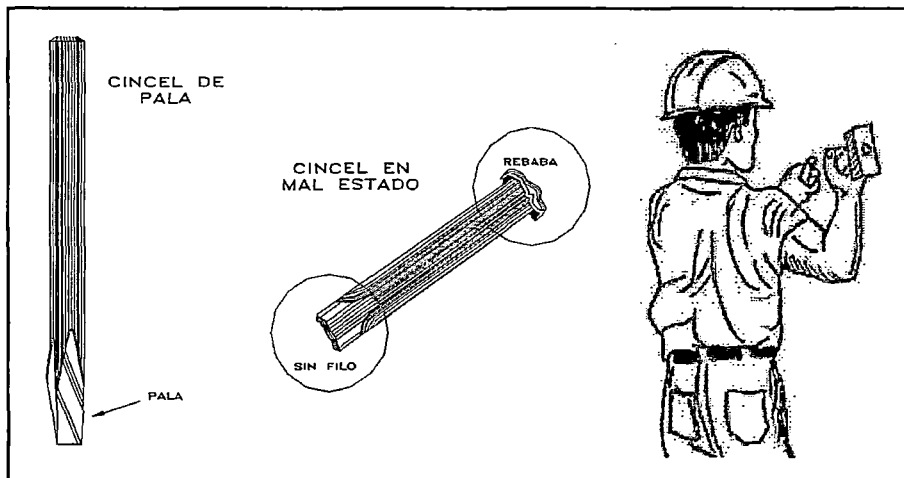


Figura N°2-7. El Cincel



h) Comba:

Es una herramienta compuesta por un cuerpo de acero y un mango (cabo) de madera. Hay de diferentes tamaños, cada tamaño tiene proporción directa con su peso, las combas más usadas son de 2 a 10 libras, siendo la más usada la de 4 libras (figura N°2-8).

Se le utiliza en pequeñas demoliciones, trabajos donde el golpe del martillo es insuficiente, tal como, clavar estacas, golpear el cincel, etc.

Recomendaciones:

- El mango de la comba debe asegurarse y acufarse para evitar que con el uso se desprenda y cause daño.
- El mango debe estar libre de astillas.

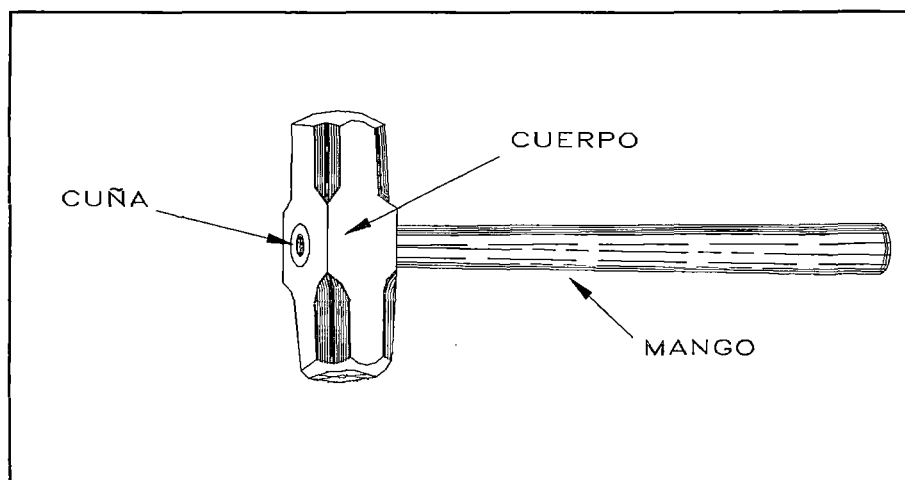


Figura N°2-8. La Comba

i) Cizalla de Mano:

Es una herramienta de corte compuesta por brazos, tornillos de ajuste, topes de seguridad y cuchillas. Se le utiliza para cortar fierros y otros materiales metálicos de poco diámetro (figura N°2-9).



Hay cizallas de manos diferentes tipos y tamaños, de 18" para fierros de 1/4", de 24" para fierros de 3/8" y de 36" para fierros de 1/2".

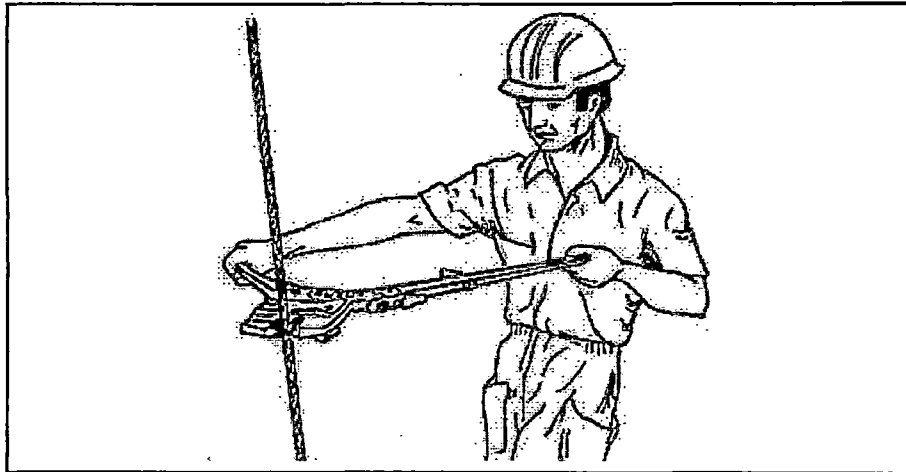


Figura N°2-9. Cizalla de Mano



## ***2.6. Programación de Obra de los Proyectos Ejecutados***

---

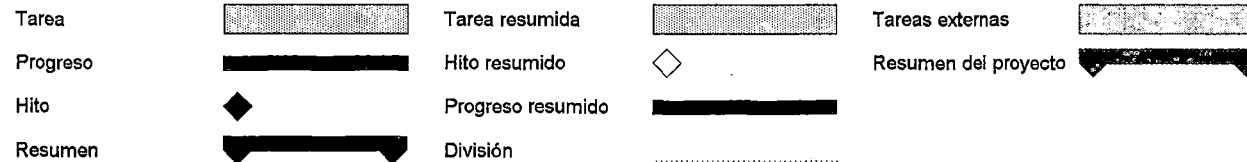
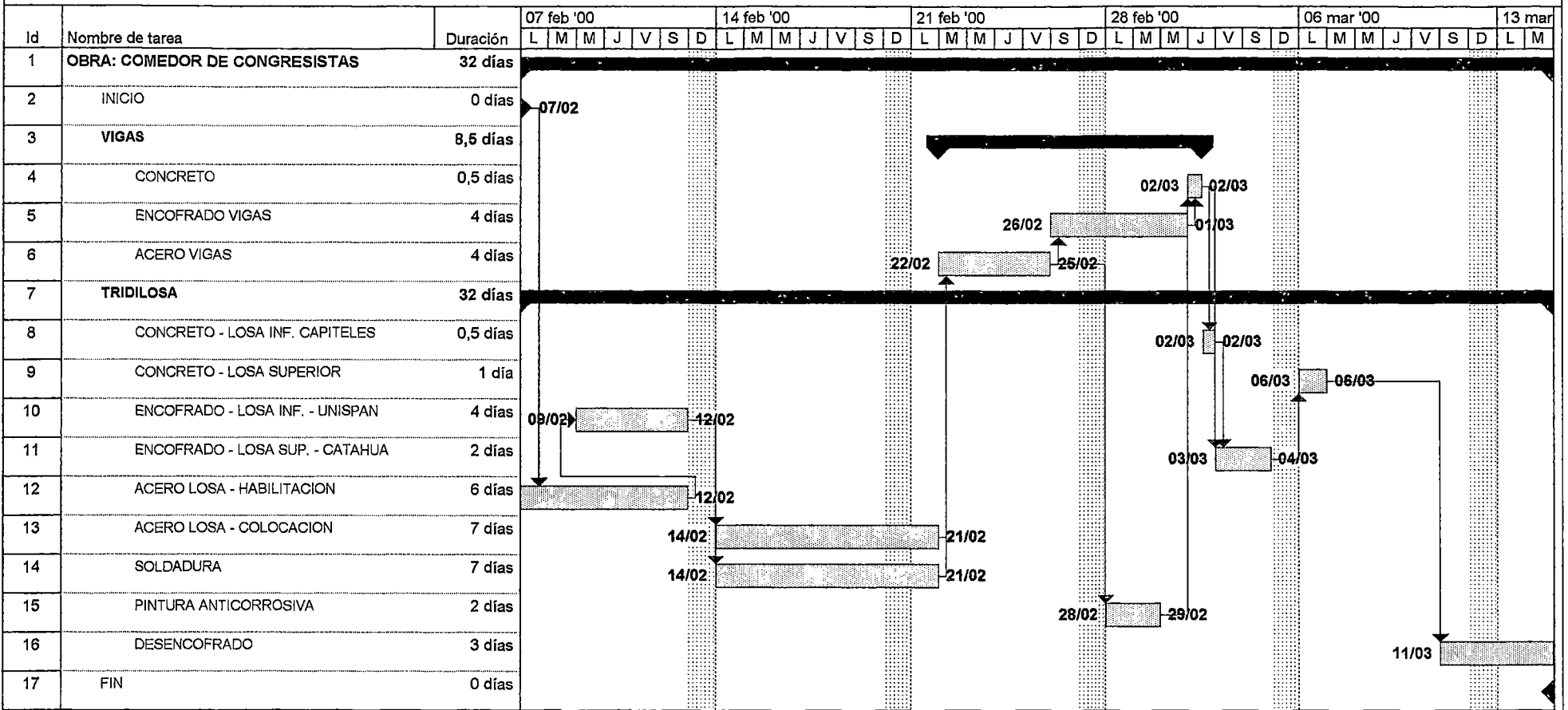
A continuación presentamos la programación de obra de los proyectos ejecutados, debo indicar que a fin de realizar un análisis comparativo de la tridilosa vs. el sistema tradicional de concreto armado (vea capítulo 8), la programación que se muestra en las páginas siguientes incluye únicamente los elementos que conforman el techo, es decir vigas y tridilosa.

### ***2.6.1. Programación de la Obra: Comedores del Congreso de la República (Comedor de Congresistas)***

Para la construcción de la estructura de la obra: "Comedor de Congresistas" se ejecutaron las siguientes partidas: obras provisionales, obras preliminares, movimiento de tierra, obras de concreto simple y obras de concreto armado (zapatas, vigas de cimentación, columnas y muros de contención), empleando para ello 32 días útiles.

Finalizada la materialización de estas partidas se inició la construcción de la tridilosa, siguiendo la programación que a continuación se presenta.

# OBRA: COMEDOR DE CONGRESISTAS



Elaborado: Bach. Oscar Ortega Uribe



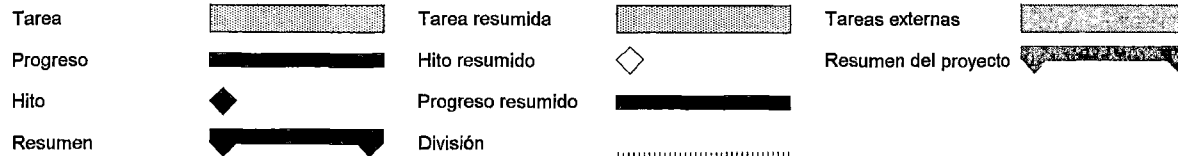
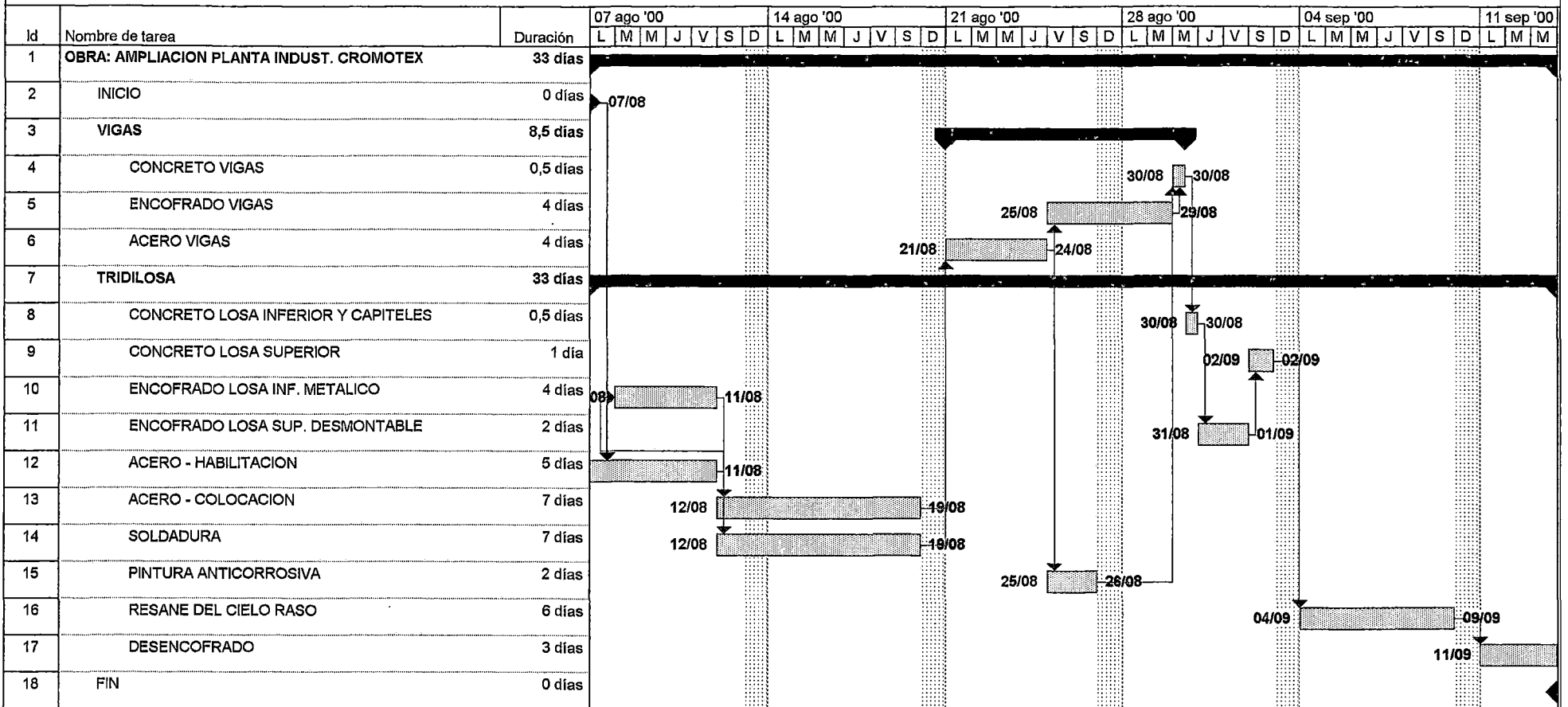


**2.7.2. Programación de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

Para el caso de la construcción de la estructura de la obra: "Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.", se ejecutaron las siguientes partidas: movilización y desmovilización de equipos y aumento de columnas ( $h = 0.60$ ), empleando para ello 6 días útiles.

Finalizada la materialización de estas partidas se inició la construcción de la tridiosa, siguiendo la programación que a continuación se presenta.

# OBRA: AMPLIACION DE LA PLANTA INDUSTRIA CROMOTEX S.A.



ELABORADO: BACH. OSCAR ORTEGA URIBE



## **2.7. Planos**

---

A continuación presentaremos los planos de arquitectura y estructuras, empleados durante la construcción de los proyectos materia de estudio.

### **2.7.1. Planos de la Obra: Comedores del Congreso de la República (Comedor de Congresistas)**

Para la construcción de las estructuras de la obra Comedores del Congreso de la República se emplearon cuatro planos:

Plano E-1	:	Plano de cimentaciones de columnas y muros
Plano E-2	:	Plano de detalle de columnas y muros
Plano E-3	:	Plano de tridilosa
Plano E-4	:	Plano de refuerzos diagonales y detalle de vigas

Asimismo los planos de arquitectura fueron los siguientes:

Plano A-1	:	Plano de planta general
-----------	---	-------------------------



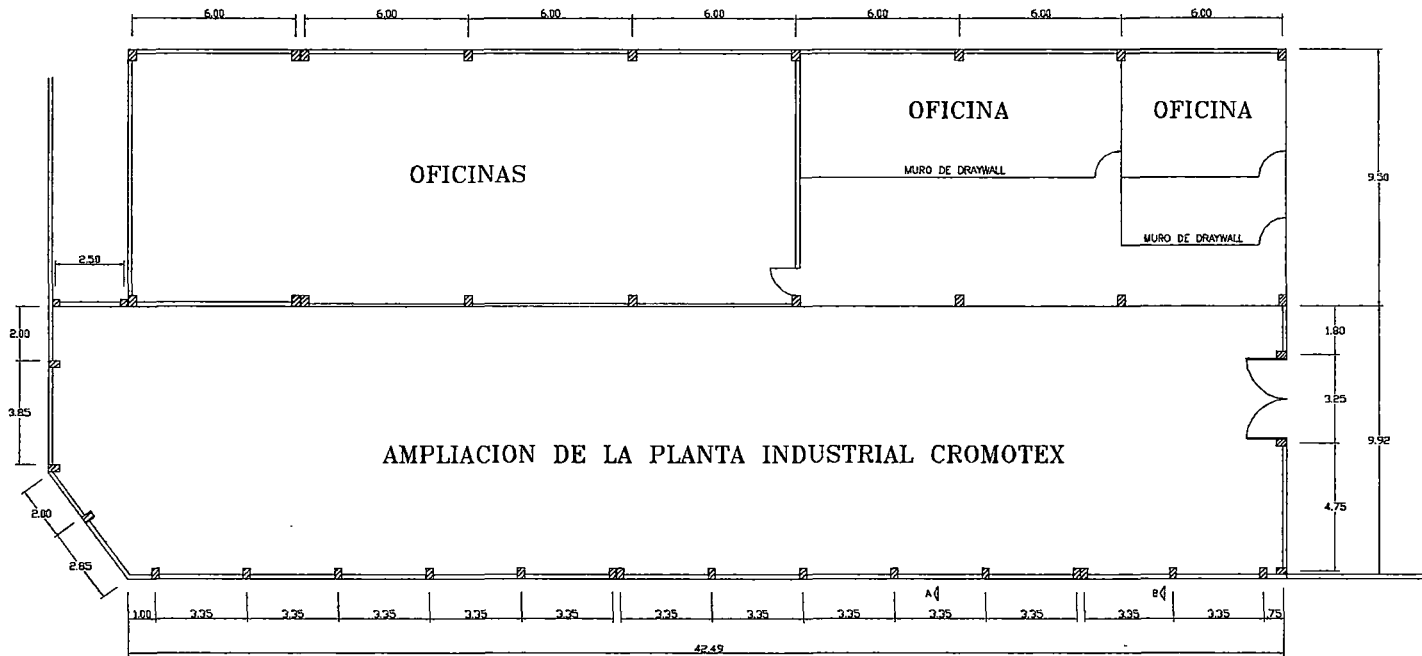
**2.7.2. Planos de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

Para la construcción de las estructuras de la obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A. se emplearon dos planos:

- Plano E1-1 : Plano de tridilosa
- Plano E1-2 : Plano de refuerzos diagonales y detalle de vigas

Asimismo se empleó el siguiente plano de arquitectura:

- Plano A1-1 : Plano de distribución - Planta



## PLANO DE DISTRIBUCION

ESC: 1/250



**MIGUEL BOZZO CH.Ings**  
Ingenieros Consultores y Constructores

**PROYECTO AMPLIACION DE LA PLANTA INDUSTRIAL CROMOTEX S.A.**

Propietario:  
**CROMOTEX S.A.**

DISEÑADO POR:  
Ing. Miguel Bozzo CH.  
ING. J. R. Ojeda Mantec

REVISADO POR:  
Ing. Miguel Bozzo CH.  
DISEÑADO POR:  
Dra. Cecilia Urbina

PROYECTO:  
INDUSTRIAL CROMOTEX S.A.  
FICHA:  
RBE-20  
TUBERIA  
BOMBAS

PLANO No:  
**A1-1**

**PLANO DE DISTRIBUCION EN PLANTA**



## **CAPITULO III**

# ***Obras Preliminares***



## **CAPITULO III**

# **Obras Preliminares**

### **3.1. Obras Provisionales**

---

Las obras provisionales, son todas aquellas construcciones e instalaciones realizadas al interior de la obra, con la finalidad de facilitar el desarrollo y trabajo de la misma. Estas obras pueden ser construidas empleando materiales recuperables en todo o en parte. Son carácter temporal y deberán ser demolidas, desmontadas, desarmadas y retiradas una vez finalizada la obra.

#### **3.1.1. Obras Provisionales de la Obra Comedores del Congreso de la República**

Esta obra por su gran envergadura ( 2'200,000.00 soles, considerando ambos comedores y las obras adicionales ejecutadas) requirió de los siguientes ambientes provisionales:

- Un almacén de materiales, herramientas y equipos livianos.
- Una oficina técnico - administrativa
- Comedor de obreros
- Servicios higiénicos - Vestidores
- Caseta de Vigilancia

Es por ello que con la autorización del Oficial Mayor del Congreso se procedió a la utilización de diversos espacios dentro del área de la Plaza Victoria de Ayacucho (vea esquema de distribución de obras provisionales).



Jr. Ayacucho

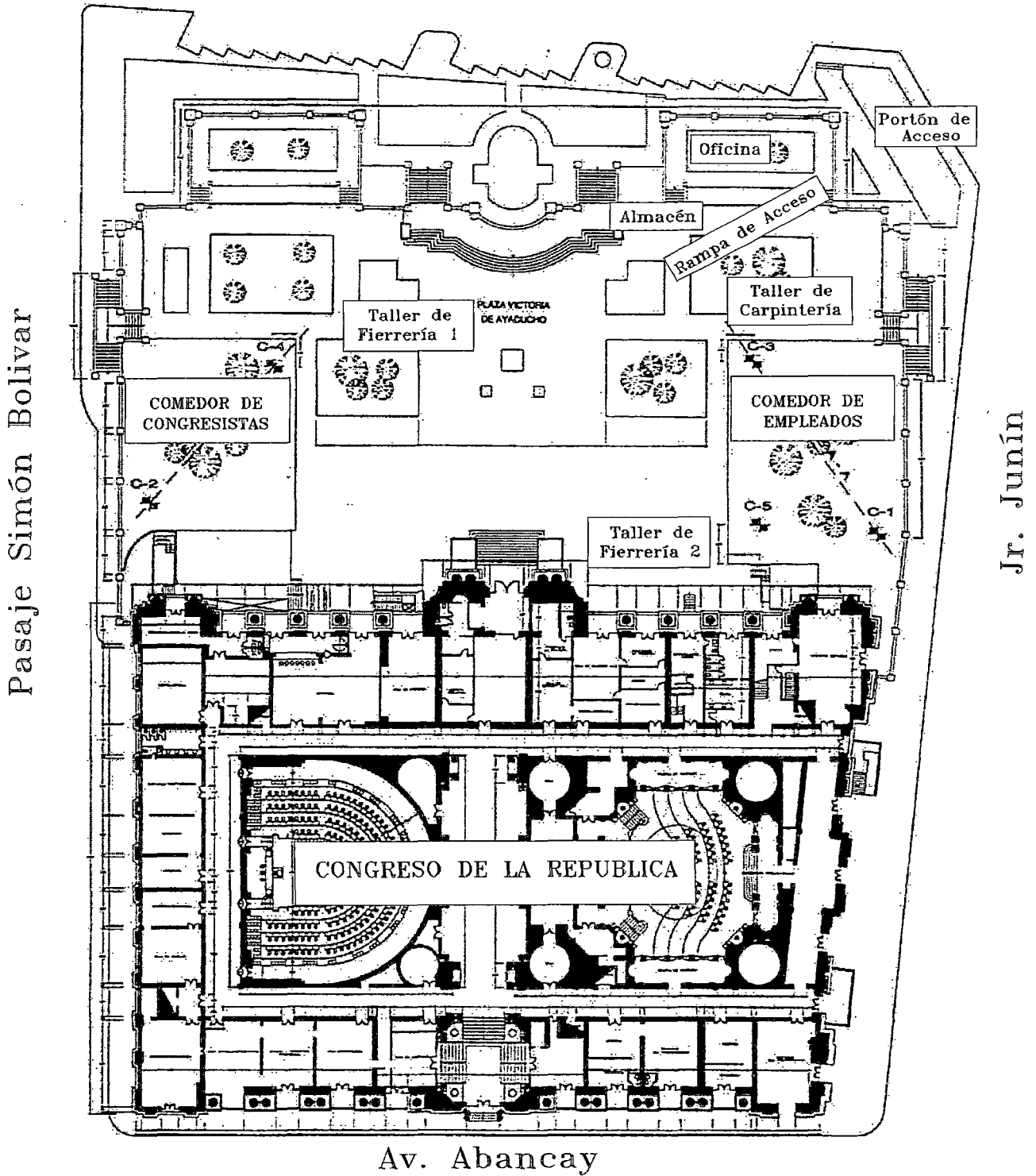


Figura N°3-1. Esquema De Distribución de Obras Provisionales





a) Almacén de Materiales, Herramientas y Equipos Livianos:

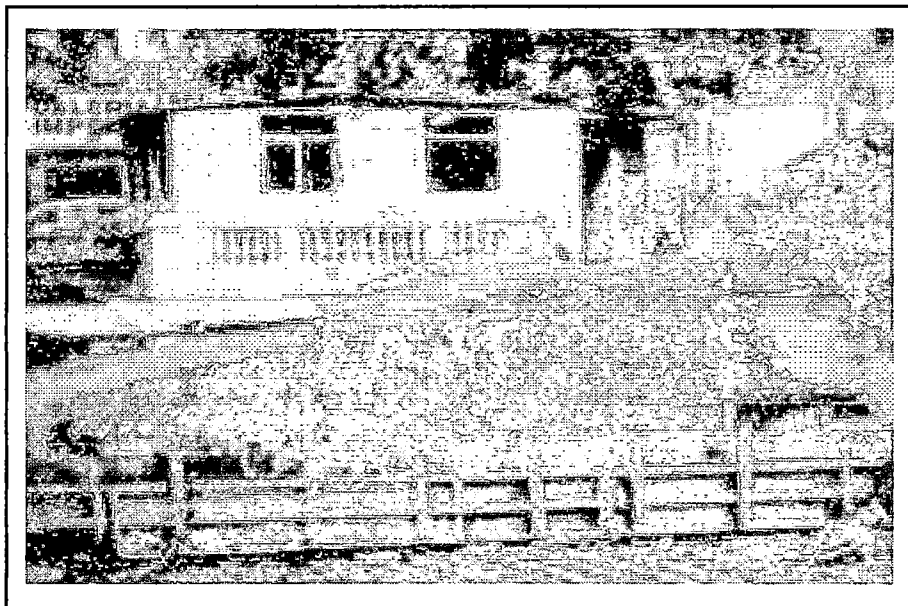
Este ambiente se encontraba ubicado entre la escalinata principal de acceso a la Plaza Victoria Ayacucho y el Jr. Junín, frente al actual comedor de empleados.

Estuvo constituido por tabiquería de paneles de triplay, con techo de esteras, estando dividido en tres secciones, donde se almacenó los materiales, herramientas y equipos livianos respectivamente.

b) Oficina Técnico – Administrativa:

Este ambiente se encontraba ubicado frente a la intersección del Jr, Junín y Jr. Ayacucho, a un 5 metros del portón lateral de acceso al congreso ( fotografía N°3-1)

Se eligió esta ubicación entre otras alternativas dada la facilidad de acceso de personal y material a la obra, control, supervisión de la misma y el beneficio de contar con un acceso propio que no obstaculice, ni ponga en riesgo la seguridad y labores propias del congreso.



Fotografía N°3-1 Oficina Técnico Administrativa



La oficina técnico – administrativa estaba dividida en tres áreas independientes, la primera constituida por la oficina del Ing. Residente, con un área de 7.20 m<sup>2</sup>. La segunda, el área técnico administrativa, donde laboraban el ingeniero de planta, el administrador, y los practicantes, con un área de 29.50 m<sup>2</sup>. La tercer área constituida por la oficina destinada a la supervisión, con un área de 7.20 m<sup>2</sup> (figura N°3-2).

Este recinto estaba constituido por tabiquería de paneles de triplay, con puertas de triplay (con cerradura de embutir de dos golpes y bisagras capuchino de aluminio), ventanas constituidas por marcos de madera de 1 ½" x 1 ½" y vidrios simples. El techo estaba conformado por planchas de eternit rojo.

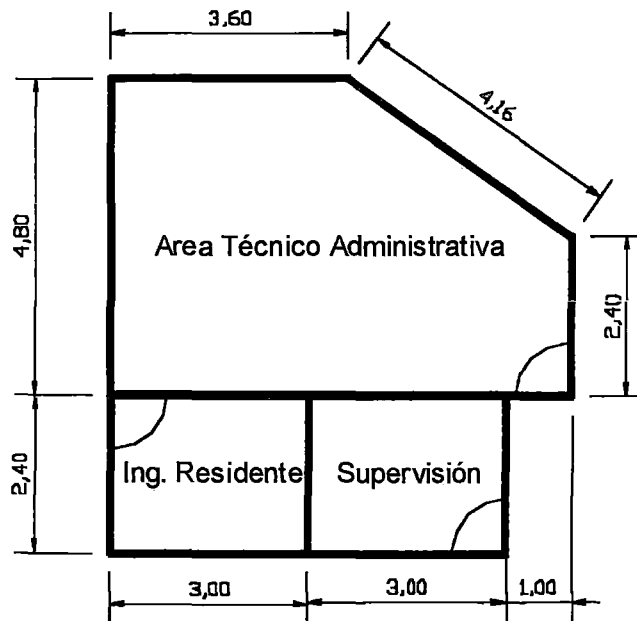


Figura N°3-2 Oficina Técnico Administrativa

c) Comedor de Obreros:

El comedor de obreros se encontraba adyacente al Jr. Junín, entre el cerco perimétrico y los balaustres ornamentales. Estaba conformado por mesas y bancos de madera (capacidad de 30 obreros sentados), con techo de esteras para proveer de sombra y generar un ambiente fresco y ventilado.



d) Servicios Higiénicos – Vestidores:

Para cubrir las necesidades higiénicas del personal se instaló un baño portátil DISAL, así mismo se confeccionó un área de duchas, y lavadero de manos, empleando para ello un punto de salida de agua potable y un punto de desagüe. Este ambiente tenía una dimensión de aproximadamente 3.5 x 1.5 m<sup>2</sup> en el caso del área de duchas y de 2.0 x 1.0 m<sup>2</sup> en el caso del lavadero de manos.

Los vestidores se encontraban adyacentes al área de duchas, estando este ambiente constituido por tabiquería de paneles de triplay recubierto de estera y con techo del mismo material. Este ambiente tenía un área de 11.0 x 2.0 m<sup>2</sup>

Ambos ambientes se encontraban ubicados entre el Jr. Junín y los balaustres ornamentales, en la zona adyacente al congreso.

e) Caseta de Vigilancia:

Dadas las características peculiares de esta obra, la seguridad de la misa estuvo a cargo de la oficina de seguridad del congreso, para ello el Oficial Mayor designo dos miembros del cuerpo de resguardo del congreso para cada turno (12 horas), los cuales tenían la función de controlar, supervisar y presentar informes de todas las actividades realizadas en el interior de la obra, así como colaborar con nosotros para el desarrollo de nuestras actividades.

Para facilitar su trabajo, se construyó una caseta de vigilancia, de 1.5 x 1.5 m<sup>2</sup>, la cual se encontró ubicada al lado del portón lateral de acceso al congreso en la intersección del Jr. Junín y Jr. Ayacucho.



### **3.1.2. Obras Provisionales de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

Dado que esta obra se trataba de la ampliación la Planta Industrial CROMOTEX S.A., varias de las obras provisionales que normalmente se construyen no fueron necesarias.

La caseta de vigilancia, el cerco perimétrico, los servicios higiénicos y el comedor, no fueron necesarios de construir, puesto que la fábrica contaba con una caseta de vigilancia y personal de seguridad las 24 horas del día, los cuales además de cumplir con las labores propias de la obra, controlaban el ingreso y salida del personal, materiales y equipos de la obra.

Además de esta ventaja la fábrica cuenta con un cerco perimétrico de 4.00 m de altura, un área de servicios higiénicos, compuesta por un lavatorio continuo de 10 salidas, 10 aparatos sanitarios y 10 duchas. Del mismo modo cuenta con un comedor de obreros con capacidad para 50 personas sentadas, donde los trabajadores de la obra podían almorzar cómodamente.

Gracias a estas grandes ventajas sólo fue necesario construir una caseta pequeña para almacenar las herramientas manuales, equipos ligeros y pertenencias de valor de los trabajadores.

Las dimensiones de la caseta fueron 3.00 x 3.00 x 2.25 metros de largo, ancho y alto respectivamente, debo resaltar que estas dimensiones particulares se deben a que la caseta se construyó empleando planchas de metal de 1.50 x 2.25 m<sup>2</sup> (planchas que se utilizaron en el encofrado inferior de la tridilosa).



### **3.2. Trabajos Preliminares**

---

Los trabajos preliminares son todos aquellos trabajos previos y necesarios para iniciar la obra.

#### **3.2.1. Trabajos Preliminares de la Obra Comedores del Congreso de la República**

Para la ejecución de la obra Comedores del Congreso de la República se realizaron los siguientes trabajos preliminares:

- Movilización y desmovilización de equipo mecánico
- Demolición de Veredas c / equipo
- Demolición de Estructuras de Concreto Existente
- Eliminación de Rampa de Acceso Aproximadamente 300 m3
- Eliminación de Material Excedente
- Reposición de Cerco Para Acceso a Rampa de Ingreso
- Calzaduras (vea capítulo IV)

a) **Movilización y desmovilización de equipo mecánico:**

Tal como indicamos en el ítem 2.2.1.2.1. la movilización y desmovilización de equipo mecánico consiste en transportar todo el equipo necesario para instalar y empezar la construcción, considerando el costo de traslado a la obra. Limpieza del sitio e instalación y traslado al lugar de origen cuando la obra haya terminado.



Para la ejecución de la presente obra se trasladaron a obra los siguientes equipos:

- Camión de 10 M3
- Retroexcavadora Cargadora
- Compresora Neumática 76 HP 125 – 175 PCM
- Compactador vibratorio tipo plancha de 4 HP
- Martillo Neumático de 24 kg.
- Mezcladora de Concreto Tambor de 18 HP 11P3
- Teodolito y miras topográficas
- Nivel y miras topográficas
- Máquina Soldadora (3 unidades)

El camión y la retroexcavadora cargadora, son autopropulsados, por lo cual no presentan mayor inconveniente para su movilización.

La compresora neumática está montada sobre ruedas, por lo cual para trasladarla de un lugar a otro, basta unir el arnés de esta a la camioneta PICK-UP de la obra, que proporcionaba la fuerza motriz para mover el equipo.

La mezcladora de Concreto de tambor de 18 HP 11P3 fue trasladada a obra, de manera similar a la compresora, empleando otra camioneta, propiedad del subcontratista.

El compactador vibratorio tipo plancha de 4HP, el martillo neumático, el teodolito, el nivel de ingeniero y las miras topográficas, fueron trasladadas empleando la camioneta PICK-UP de la obra en dos viajes sucesivos.

En cuanto a las máquinas de soldar (3 unidades), estas fueron trasladadas por el subcontratista DIRACSA a la obra empleando para ello un camión de plataforma.

b) Demolición de Veredas c / equipo:

Para realizar la demolición de veredas se utilizó la compresora neumática y el martillo neumático.



Durante la ejecución de este trabajo se empleó un operario y tres peones los cuales limpiaban y apilaban todo el material demolido para su posterior eliminación.

Esta partida se presupuestó con un rendimiento por día de 100 m<sup>2</sup>/día, sin embargo cuando se realizó el trabajo en campo el rendimiento se incremento en casi un 20 % por día, reduciendo de este modo dos días de demolición.

c) Demolición de Estructuras de Concreto Existente:

Para realizar la demolición de estructuras de concreto existen ubicada en la zona de ADMINISTRACIÓN Y DISIC, ubicados en la parte posterior del edificio del Congreso de la República, se empleó la compresora neumática, el martillo neumático y herramientas manuales.

La cuadrilla de trabajo estaba conformada por seis peones, dos de los cuales manejaban el martillo y compresora neumática, y el resto se encarga de acarrear y eliminar el desmonte generado al picar las estructuras de concreto, esta partida se presupuestó con un rendimiento de 40 m<sup>2</sup>/día, sin embargo dada las condiciones desfavorables para el empleo del martillo neumático, el rendimiento se vio mermado en un 30% aproximadamente, con lo cual el rendimiento por día se redujo a 28 m<sup>2</sup>/día.

d) Eliminación de Rampa de Acceso Aproximadamente 300 m<sup>3</sup>:

Para realizar la eliminación de la rampa de acceso de aproximadamente 300 m<sup>3</sup>, se espero que estuvieran contruidos al 90% ambos comedores, restando únicamente parte de los acabados.

La eliminación se realizó de manera constante, empleando una retroexcavadora cargadora, marca Caterpillar, dos camiones volquetes (10 m<sup>3</sup>), los cuales permitían una eliminación constante a razón de dos viajes por hora, con lo cual se eliminaba 20 m<sup>3</sup> por hora, lográndose así la eliminación de toda la rampa en 15 horas útiles, es decir que toda la rampa fue eliminada en dos días.



e) Eliminación de Material Excedente:

Si sumamos el área de cada uno de los comedores (399.75 m<sup>2</sup> comedor de congresista y 341.25 m<sup>2</sup> comedor de empleados) tendremos un área total de 741.00 m<sup>2</sup>, si multiplicamos esta área por los 2.50 m de profundidad que se excavaron para ubicar los comedores, tendremos un volumen de 1852.5 m<sup>3</sup> de material a eliminar aproximadamente, sin embargo si verificamos el metrado del presupuesto observaremos que sólo se presupuestó 354 m<sup>3</sup>, un valor sustancialmente menor.

Es decir que casi 1500 m<sup>3</sup> de eliminación de material excedente no están contemplados en el presupuesto. Aparentemente esta sería la primera explicación que podríamos hallar, sin embargo es incorrecta.

El presupuesto y los metrados son correctos, lo sucedido se debe a que los 1500 m<sup>3</sup> de material excedente que aparentemente no están presupuestados, ya han sido eliminados por el propio contratante (congreso) antes de licitar la obra, empleando para ello maquinarias de CORDELICA, con lo cual los gastos de la partida de movimiento de tierra se redujeron al máximo, dejando únicamente un saldo de 354 m<sup>3</sup>, material que fue eliminado en por el contratista OCI – UNI, en el proceso de perfilado y obras adicionales.

f) Reposición de Cerco Para Acceso a Rampa de Ingreso:

Cuando se construyó la rampa de acceso, en la plaza Victoria de Ayacucho se tuvieron que retirar todos los balaustres del cerco perimétrico ubicado en la intersección del Jr. Ayacucho y Jr. Junín, es por ello que una vez eliminada la rampa de acceso, el siguiente paso fue reponer el cerco perimétrico de la plaza Victoria de Ayacucho.

### **3.2.2. Trabajos Preliminares de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

Para la ejecución de la obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX. S.A. se realizaron los siguientes trabajos preliminares:





- Movilización y desmovilización de equipos
- Trazo y replanteo

a) Movilización y desmovilización de equipos:

Tal como indicamos en el ítem 2.2.2.1.1. la movilización y desmovilización de equipo mecánico consiste en transportar todo el equipo necesario para instalar y empezar la construcción, considerando el costo de traslado a la obra. Limpieza del sitio e instalación y traslado al lugar de origen cuando la obra haya terminado.

Para la ejecución de la presente obra se trasladaron a obra los siguientes equipos:

- Maquina Soldadora (3 unidades)
- Andamios metálicos
- Encofrado metálico
- Herramientas manuales

Las maquinas de soldar, los andamios metálicos, el encofrado metálico y las herramientas metálicas estas fueron trasladadas por el contratista DIRACSA, a la obra empleando un camión de plataforma.

b) Trazo y Replanteo:

La medición en la obra debe ser precisa y exacta, sobre todo en cuanto ejes, dimensiones y niveles de las estructuras se refiere.

Sin embargo dado que esta obra se trata de una ampliación, los cimientos y las columnas se encontraban construidas, motivo por el cual el trazo y replanteo se centro principalmente en la ubicación y verificación de niveles, así como el trazo de las nuevas estructuras, a lo largo de todo el proceso constructivo.



### **3.3. Movimiento de Tierras**

---

El movimiento de tierras comprende las excavaciones, cortes, rellenos y eliminación de materiales excedentes, necesarios para ajustar el terreno a las rasantes señaladas para la ejecución de la edificación y sus exteriores, así como dar cabida a los elementos que deban ir enterrados, tales como cimentaciones, tuberías, etc.

#### **3.3.1. Movimiento de Tierras de la Obra Comedores del Congreso de la República**

En la obra Comedores del Congreso de la República se realizaron los siguientes trabajos de movimiento de tierras:

- Movimiento Masivo de Tierras
- Excavación para Zapatas
- Excavación de Zanjias
- Relleno y Compactación con material propio
- Eliminación de material excedente



a) Movimiento Masivo de Tierras:

El movimiento masivo de tierras se realizó con una retroexcavadora cargadora, eliminándose la mayoría del material con camiones volquetes de 10 m<sup>3</sup>.

El volumen excavado fue de 600 m<sup>3</sup> aproximadamente, y se desarrollo en dos etapas, la primera al inicio de la obra, eliminándose el 50 % del material, y la segunda casi al final de la obra cuando se eliminó la rampa de acceso de 300 m<sup>3</sup>.

b) Excavación para Zapatas:

Una vez finalizado el movimiento masivo de tierras; alcanzado el nivel  $-2.50$  y perfilado el terreno, se procedió a trazar sobre el terreno la forma de las zapatas empleando para ello la cuadrilla de trazo y replanteo, esta etapa fue de suma importancia puesto que cualquier desfase en la ubicación de las zapatas generaría excentricidades y esfuerzos no contemplados en el diseño.

Para la ejecución se procedió a colocar a un peón con lampa y pico en cada zapata.

c) Excavación de Zanjias:

Para el caso de la excavación de zanjias se procedió de manera similar a la excavación de zapata, dándole a cada peón una longitud equivalente a 2.50 a 3.00 m<sup>2</sup> de zanja por día.

A continuación nombramos algunas normas generales para realizar una buena excavación:

- Cuidar siempre que la ubicación y dimensiones sean exactas, así como la verticalidad de la paredes de las zanjias y/o zapatas .
- Mantener el espacio libre de humedad



- Una vez realizada la excavación esta debe permanecer limpia y pareja.
- Toda sobrexcautación se llenará con concreto pobre 1:12.

d) Relleno y Compactación con material propio:

En esta obra podemos distinguir tres tipos de rellenos de acuerdo a la posición de estos.

El primero tipo de relleno fue el realizado encima y a los costados de las cimentaciones, este es el caso de las zapatas, las vigas de cimentación y los cimientos corridos.

El segundo tipo de relleno fue el realizado entre los muros de contención y el terreno o las calzaduras.

El tercero es el relleno realizado para llegar al nivel de fondo de falso piso, y el relleno en gradas y rampas.

A continuación, algunas normas generales para realizar un buen relleno:

- Todo el material utilizado para los rellenos deberá ser no compresible y no será más suave que la tierra adyacente.
- Extirpar cualquier material dañino (raíces, basura, piedras grandes).
- La compactación del material se realizará por capas, las cuales no deberán exceder los 30 cm, para lo cual se deberá regar y compactar fuertemente con un compactador vibratorio tipo plancha



### **3.3.2. Movimiento de Tierras de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

En esta obra únicamente se realizó la excavación manual de dos zapatas de 1.00 x 1.00 m<sup>2</sup> y 0.70 m de profundidad para colocar dos zapatas aisladas y montar sobre estas las columnas que soportarían el portón de acceso a esta nueva sección de la planta industrial.

La metodología y procedimiento de ejecución es similar al descrito en el ítem 3.3.1. sección (b).



**CAPITULO IV**

***Obras de Concreto***

***Armado***



## CAPITULO IV

# Obras de Concreto Armado

### 4.1. Cimentación y Elementos de Protección

---

Se denomina “*Cimentación*” al conjunto de elementos de concreto armado o concreto simple que tienen como función repartir las cargas verticales transmitidas por las columnas, placas o muros al terreno de manera uniforme, de modo tal que el esfuerzo transmitido sea menor a la capacidad portante del terreno.

En cuanto a los “*Elementos de Protección*” podemos considerar como tales, a todos los que sirven para proteger una estructura existente, reforzarla o estabilizar el terreno adyacente, este es el caso de las calzaduras y muros de contención.

#### 4.1.1. Cimentación y Elementos de Protección de la Obra Comedores del Congreso de la República

##### 4.1.1.1. Calzaduras (Elemento de Protección)

Puesto que ambos comedores se encuentran a 2.50 m por debajo del nivel del resto de edificaciones aledañas, la construcción de calzaduras se tomó indispensable y fundamental para evitar posibles hundimientos, derrumbes y proporcionar el sustento adecuado contra el empuje de tierra.



Los trabajos de calzadura se realizaron simultáneamente a los trabajos de movimiento de tierra. Las excavaciones (piques) realizadas para las calzaduras deben tener un ancho de 1.00m con una altura de 2.00 m, cumpliendo con la norma E030 del Reglamento de Construcciones, sin embargo por las características propias del proyecto y bajo responsabilidad del proyectista las excavaciones para calzaduras se ejecutaron con una altura de 2.90 m. Los piques se excavaron alternadamente de manera que entre pique y pique en trabajo quedaran como mínimo tres piques sin excavar.

El trabajo de excavación para calzaduras se inició por las esquinas de la excavación masiva, exactamente debajo del cerco perimétrico del Congreso, excavando a plomo del paramento exterior del cerco a calzar, e inmediatamente después de finalizada la excavación del pique se procedió a fijar el panel de encofrado y luego al vaciado del concreto  $f'c = 100 \text{ kg/cm}^2$  preparado en obra.

Concluido el vaciado de una calzadura se repetía el procedimiento anteriormente descrito con los demás piques hasta cubrir toda la superficie que requería calzadura.

#### 4.1.1.2. Zapatas

Las zapatas tienen como función transmitir adecuadamente las cargas de las columnas al terreno, a fin de evitar fisuras y asentamientos no contemplados en el diseño.

La obra Comedores del Congreso contempla la construcción de dos comedores gemelos, uno para empleados y otro para congresistas y periodistas, en ambos casos se empleo tres tipos de zapatas, 4 Z-1, 4 Z-2 y 1 Z-3, totalizando 9 zapatas, de las cuales cuatro son zapatas Z-1 aisladas, tal como podemos apreciar en el esquema que se muestra en la figura N°4-1.

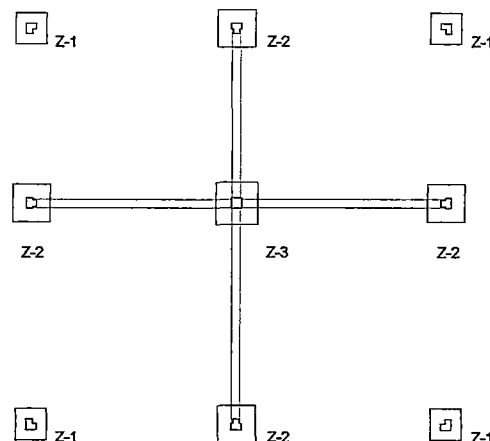


Figura N°4-1 Esquema de distribución de zapatas





El resto de zapatas Z-2 están unidas concéntricamente a la zapata Z-3 mediante vigas de cimentación.

El proceso constructivo realizado para la ejecución de las zapatas, se inició finalizado el movimiento de tierra, con una sobre excavación de 10 cm por debajo del nivel de fondo de zapata, (tal como indican los planos), para colocar un solado del mismo espesor.

Una vez colocado el solado, se esperó un día para que este se encuentre endurecido, luego de lo cual la cuadrilla de trazo y replanteo, dibujó la parrilla sobre el solado, empleando para ello escuadra metálica, cinta métrica y tiralíneas.

A continuación el operario herrero colocó las varillas de acero de la parrilla en concordancia a lo especificado en los planos, sobre el trazo realizado en el solado, situando estas sobre los dados espaciadores de 7.5 cm de altura, tal como indican las especificaciones de recubrimiento.

Luego se procedió a preparar in situ la armadura de la columna, cuidando la correcta verticalidad y arriostamiento de esta con la parrilla y los estribos.

Finalizada la unión de la parrilla de la zapata con la armadura y los estribos de la columna, se inmovilizó esta última para evitar cualquier accidente.

Posteriormente se procedió a limpiar la armadura y la excavación, para eliminar cualquier partícula extraña y dañina.

Un aspecto importante dentro del proceso constructivo de la zapata fue la colocación de un pequeño molde de madera de 5 cm de altura, con las dimensiones de la columna, en la zona de interface entre columna y zapata.

La colocación de este pequeño encofrado es vital, ya que permitió que posteriormente se pueda colocar fácil y correctamente el encofrado de madera de la columna.

Una vez ejecutado todo lo anteriormente descrito, se cuantificó el volumen de concreto que se iba a vaciar ese día, considerando un adicional de 3% por desperdicios.



A continuación se procedió a solicitar el concreto premezclado necesario para el vaciado e indicando la hora a la que debería llegar.

Cabe resaltar que los pedidos realizados siempre fueron superiores a 6 m<sup>3</sup>, puesto que la compañía de concreto premezclado, cobra la misma tarifa por 6 m<sup>3</sup> o menos y resultaría ilógico pagar por 6 m<sup>3</sup> y emplear un volumen menor, más aun si 1 m<sup>3</sup> de concreto F'c=175 kg/cm<sup>2</sup> costaba 193 soles en enero del 2000.

Es por ello que para solicitar concreto premezclado era necesario contar con 3 o más zapatas listas para ser rellenas con concreto.

Continuando con el proceso constructivo, aproximadamente media hora antes de la hora programada para la llegada del concreto premezclado se humedecía los costados y el fondo de la excavación a fin de evitar que el terreno absorba agua de la mezcla.

Luego se inició el proceso de vaciado de concreto premezclado bombeado colocando capas sucesivas de 30 cm, las cuales fueron vibradas con vibradora manual, procurando no vibrar en un mismo punto por más de 30 segundos a fin de evitar la segregación, hasta que el concreto alcanzó el nivel preestablecido.

La cuadrilla estaba compuesta por un operador de equipo liviano (vibrador), un técnico de la compañía de concreto premezclado (que dirige a control remoto el flujo de concreto premezclado bombeado) y tres peones, dos de los cuales sujetan la manguera de vaciado de concreto, mientras que el otro peón, chucea y acomoda el concreto.

De este modo se concluyó el proceso de vaciado una zapata. Al día siguiente del vaciado se inició el proceso de curado por un lapso de 7 días, manteniendo la humedad constante.

#### **4.1.1.3. Vigas de Cimentación**

Las vigas de cimentación tienen como función conectar las zapatas de manera que trabajen en conjunto, a fin de evitar el asentamiento diferencial entre estas.



Tal como indicamos anteriormente, la obra comedores del Congreso de la República, contempla el uso de vigas de cimentación para unir concéntricamente las 4 zapatas Z-2 a la zapata Z-3.

El proceso constructivo realizado para la ejecución de las vigas de cimentación, se inició finalizado el movimiento de tierra, luego que se realizó una sobre excavación de 5 cm por debajo del nivel de fondo de viga, para colocar un solado del mismo espesor.

Una vez colocado el solado, se esperó un día para que este se encuentre endurecido, luego de lo cual la cuadrilla de trazo y replanteo, dibujó la ubicación del acero de refuerzo longitudinal y los estribos de la viga, empleando para ello escuadra metálica, cinta métrica y tiralíneas.

A continuación el operario fierro, colocó las varillas de acero longitudinal, los estribos y los empalmes con las zapatas, en concordancia con lo especificado en los planos, sobre el trazo realizado en el solado, sujetando los diversos elementos entre sí con alambre negro # 16, y separando la armadura del solado, con dados espaciadores de 7.5 cm de altura, tal como indican las especificaciones de recubrimiento.

Finalizado el armado de la estructura metálica de la viga de cimentación, se procedió a colocar el encofrado de las caras laterales de la viga.

El proceso de elaboración y colocación del encofrado de la viga de cimentación, se vera con mayor detalle en el *Capítulo V "Encofrado"* en el ítem 5.2.1.1.

Concluida la colocación del encofrado, se procedió a la verificación de las dimensiones y plomada del mismo, los recubrimientos y la correcta ubicación de la armadura.

Dada la conformidad a los aspectos anteriormente mencionados, se procedió a limpiar la armadura, el fondo de la viga y las caras del encofrado, para eliminar cualquier, partícula extraña y dañina.

A continuación se procedió a solicitar el concreto premezclado necesario para el vaciado e indicando la hora a la que debería llegar.



Debo indicar que en este caso particular se vaciaron todas las vigas de cimentación junto con las cuatro zapatas Z-2 y la zapata Z-3, en un solo día, a fin de evitar las juntas de construcción.

El volumen solicitado fue 20 m<sup>3</sup> (considerando 3% de desperdicio), volumen que fue distribuido en tres mixer, uno de 8 m<sup>3</sup> y dos de 6 m<sup>3</sup>.

Continuando con el proceso constructivo aproximadamente media hora antes de la hora programada para la llegada del concreto premezclado, se humedecía el encofrado y fondo de viga (solado) a fin de que estos no absorban agua de la mezcla.

El proceso de vaciado se inició colocando una capa de concreto de 30 cm, la cual fue vibrada con la vibradora manual, procurando no vibrar en un mismo punto por más de 30 segundos a fin de evitar la segregación, continuando con el vaciado y vibrado capa por capa hasta que el concreto alcanzó el nivel preestablecido.

Debo recalcar que durante el vaciado de concreto se acomodó y alisó la superficie de la viga de cimentación y de las zapatas conectadas.

De este modo se concluyó el proceso de vaciado de la viga de cimentación y las zapatas conectadas. Al día siguiente del vaciado se desencofró los costados de viga.

El curado se realizó por aspersión y se inició a penas se quitó el brillo superficial de humedad del concreto (aproximadamente 5 horas después del vaciado), extendiéndose por un lapso de 7 días.

#### **4.1.1.4. Cimientos Corridos**

Los cimientos corridos tienen como función transmitir al terreno su propio peso y las cargas producto de los muros de albañilería que soportan. Estos elementos están compuestos de concreto ciclópeo y por lo general su vaciado es continuo y en grandes tramos, de allí el nombre de cimientos corridos.



La obra Comedores del Congreso contempla el uso de cimientos corridos para soportar el peso de los muros de albañilería.

El proceso constructivo realizado para la ejecución de los cimientos corridos se inició finalizada la excavación de los mismos, hasta alcanzar el nivel indicado en los planos.

A continuación se procedió a preparar concreto a pie de obra, empleando para ello la mezcladora de concreto de 11 p3.

Para la ejecución de esta tarea la cuadrilla estuvo conformada por un operador de equipo liviano y 10 peones, dos de los cuales se encargaban de abastecer de material a la mezcladora, mientras que los otros 7 trasladaban con carretilla el concreto desde la mezcladora hasta la ubicación de los cimientos corridos, y el último peón colocaba las piedras grandes luego del vaciado de concreto.

Aparentemente se ha empleado mucho personal en esta tarea, puesto que el número de peones es mayor al presupuestado (8), sin embargo esta acción estuvo plenamente justificada ya que la mezcladora se encontraba en el nivel 0.00 m, a una distancia de 30 m de la ubicación de los cimientos corridos, los cuales se encontraban en el nivel -2.50, además se tuvo en cuenta que durante el proceso de traslado del concreto la carretilla no podía ir colmatada, sino mas bien a las 3/4 de su capacidad, para evitar desperdicios durante el descenso de esta a lo largo de rampa de acceso del nivel 0.00 al nivel -2.50.

Finalizado el vaciado de concreto, uno de los peones raya la superficie del cimiento a fin de generar una superficie rugosa que permite una mejor adherencia con el sobrecimiento.

#### **4.1.1.5. Muros de contención (Elemento de Protección)**

Los muros de contención tienen como función contener taludes o rellenos de tierra que tienden a deslizarse. Están conformados por un muro de concreto armado con su respectivo cimiento.



La obra Comedores del Congreso de la República, empleó 9 tipos de muros de contención, distribuidos alrededor de todo el perímetro de la excavación, tal como podemos apreciar en el plano respectivo.

El proceso de constructivo se inició finalizado el movimiento de tierra, con una sobre excavación de 10 cm, por debajo del nivel de fondo de la zapata corrida, para colocar un solado del mismo espesor.

Una vez colocado el solado se esperó un día para que este se encuentre endurecido, luego de lo cual la cuadrilla de trazo y replanteo dibujó la parrilla del cimiento sobre el solado empleando para ello escuadra metálica, cinta métrica y tiralíneas.

A continuación el operario herrero colocó las varillas de acero de la parrilla en concordancia a lo especificado en los planos, sobre el trazo realizado en el solado, situando estas sobre los dados espaciadores de 7.5 cm de altura, tal como indican las especificaciones de recubrimiento.

Luego se procedió a preparar in situ la armadura del muro, cuidando la correcta verticalidad y arriostramiento de este con la parrilla y los estribos.

Finalizada la unión de la parrilla con la armadura y los estribos del muro, se inmovilizó este último para evitar cualquier accidente.

Posteriormente se procedió a limpiar la armadura y la excavación, para eliminar cualquier partícula extraña y dañina.

Un aspecto importante dentro del proceso constructivo de la zapata corrida del muro de contención fue la colocación longitudinal de un pequeño encofrado de madera de 5 cm de altura, con las dimensiones del muro, en la zona de interfase entre la zapata corrida y el muro.

La colocación de este pequeño encofrado es vital, ya que permitió que posteriormente se pueda colocar fácil y correctamente el encofrado de madera del muro.

Una vez ejecutado todo lo anteriormente descrito, se cuantificó el volumen de concreto que se iba a vaciar ese día, considerando una adicional de 3% por desperdicios.



Luego se procedió a solicitar la cantidad de concreto premezclado necesaria para el vaciado de la zapata corrida e indicando la hora a la que debería llegar.

Continuando con el proceso constructivo, aproximadamente media hora antes de la hora programada para la llegada del concreto premezclado se humedecía los costados y el fondo de la excavación a fin de evitar que el terreno absorba agua de la mezcla.

El proceso de vaciado se inició colocando una capa de concreto de 30 cm, la cual fue vibrada con vibrador manual, procurando no vibrar en un mismo punto por más de 30 segundos, a fin de evitar la segregación, continuando con el vaciado y vibrado capa por capa hasta que el concreto alcance el nivel preestablecido.

La cuadrilla estaba compuesta por un operador de equipo liviano (vibrador), un técnico de la compañía de concreto premezclado (que dirige a control remoto el flujo de concreto premezclado bombeado) y tres peones, dos de los cuales sujetan la manguera de vaciado de concreto, mientras que el último acomoda el concreto.

Luego de dos días del vaciado, curando cada 3 horas por riego con manguera, se reinició la colocación de la armadura del muro, asegurando las varillas de acero corrugado unas a otros con alambre negro #16.

Concluida la colocación de la armadura del muro se inició la habilitación del encofrado del mismo, colocando paneles de madera, sobre la zapata, en ambos caras del muro, arriestrándolos uno al otro con alambre negro #8 de modo tal que las viguetas separadoras de 5x5x20 cm<sup>3</sup> queden fijas y permitan un fácil y adecuado vaciado de concreto.

El proceso detallado de elaboración y colocación del encofrado, se verá con mayor detalle en el capítulo V "Encofrado" en el ítem 5.2.1.2.

Culminada la colocación del encofrado en ambas caras del muro y el encofrado temporal de las juntas de vaciado, se procedió a la verificación de las dimensiones y plomada del mismo, los recubrimientos y la correcta ubicación de la armadura.



Dada la conformidad a los aspectos anteriormente mencionados, se procedió a solicitar la cantidad de concreto premezclado necesaria para el vaciado e indicando la hora a la que debería llegar.

Continuando con el proceso constructivo aproximadamente media hora antes, de la hora programada para la llegada del concreto, se humedecía el encofrado y la zona de interfase entre la zapata corrida y el muro a fin de evitar que estos absorban agua de la mezcla.

El proceso de vaciado se inició colocando una capa de concreto de 50 cm, la cual fue vibrada con la vibradora manual, procurando no vibrar en un mismo punto por más de 30 segundos, a fin de evitar la segregación, continuando con el vaciado y vibrado capa por capa hasta que el concreto alcance el nivel preestablecido.

Debo recalcar que durante el vaciado de concreto un peón, alisó, acomodó y niveló la superficie, del muro de contención.

De este modo se concluyó el proceso de vaciado del muro de contención.

#### **4.1.2. Cimentación de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

Tal como indicamos en los ítems 2.1.2.1. y 2.1.2.2. el proyecto "Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A." contempla un área libre de 10.0 x 44.0 m<sup>2</sup>, sin columnas intermedias, con una altura de piso a techo de 4.60, por lo que se decidió aprovechar las columnas existentes del cerco perimétrico y del edificio de oficinas, motivo por el cual la presente obra no contempla mayor cimentación que dos zapatas aisladas de 1.00 x 1.00 m<sup>2</sup> y 0.70 m de profundidad, para montar sobre estas las columnas que soportarán el portón de acceso a esta nueva etapa de la planta industrial CROMOTEX. S.A.

La metodología desarrollada durante el procedimiento constructivo es similar a la descrita en el ítem 4.1.1.2.





## **4.2. Columnas**

---

Se denomina "Columnas" a las estructuras verticales de concreto armado que están sujetas a compresión o flexocompresión axial o biaxial.

Elas están encargadas de transmitir los esfuerzos que absorben de las vigas y losa a la cimentación respectiva, para nuestro caso a las zapatas aisladas y conectadas.

Además el refuerzo de las columnas deberá absorber los esfuerzos generados por las cargas de gravedad y sismo principalmente.

### **4.2.1. Columnas de la Obra Comedores del Congreso de la República**

La obra comedores del congreso contempla la construcción de dos comedores gemelos uno para empleados y otro para congresistas y periodistas, en ambos casos se empleó tres tipos de columnas 4 C-1, 4 C-2 y 1 C-3, totalizando 9 columnas por comedor.

En la figura N°4-2. "Cuadro de Columnas" que se muestra a continuación, podemos apreciar las dimensiones, formas y configuración de la armadura de cada una de las columnas empleadas.

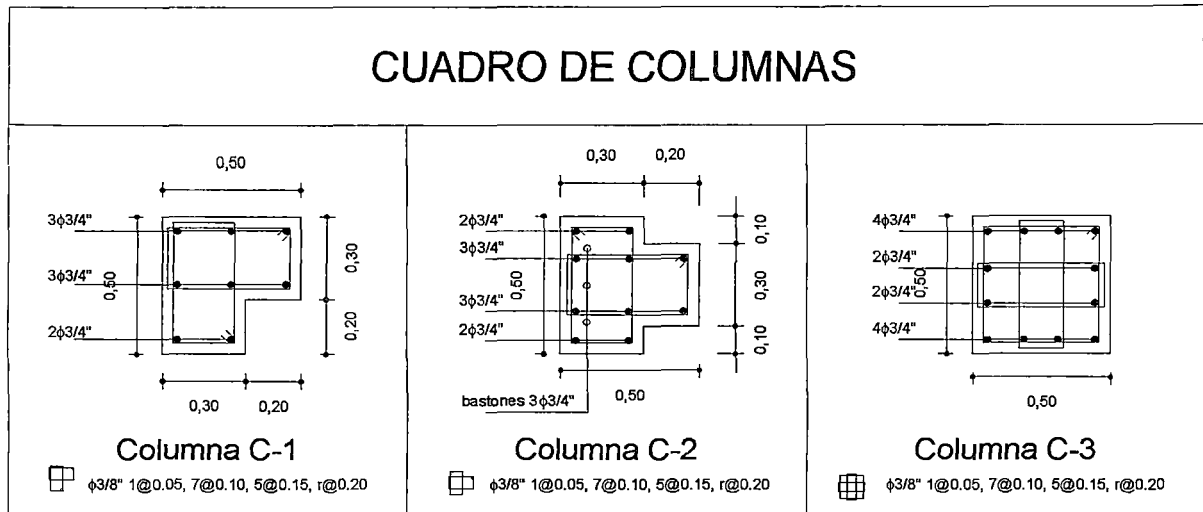


Figura N°4-2 Cuadro de Columnas

Luego de observar el cuadro de columnas nos percatamos que la configuración de las columnas es un tanto caprichosa y por ende requirió mayor cuidado en la elaboración y colocación del encofrado.

El proceso constructivo se inició conjuntamente con la elaboración de las zapatas, puesto que antes del vaciado del concreto de las zapatas, era necesario que al menos la zona de interfase entre la armadura de la zapata y la columna y por lo menos un tercio del total de la armadura de la columna estuvieran completamente habilitados para poder vaciar el concreto de las zapatas.

Es por ello que en esta etapa del proceso constructivo, el operario herrero y sus ayudantes se encargaron de colocar el faltante de la armadura de las columnas, así como colocar los bastones de amarre entre las columnas y la tridilosa.

Como paso siguiente se procedió a colocar los paneles de sirvieron de encofrado de las caras laterales de la columna.

El proceso detallado de elaboración y colocación del encofrado, se verá con mayor detalle en el capítulo V "Encofrado" en el ítem 5.2.1.3.

Finalizada la colocación del encofrado, se procedió a la verificación de las dimensiones y plomada del encofrado, los recubrimientos y la correcta colocación de la armadura.



Dada la conformidad de los aspectos anteriormente mencionados, se procedió a calcular el volumen de concreto por columna.

Si la altura de vaciado de las columnas 1, 2 y 3 era de 3.40 m y el área de las columnas 1, 2 y 3 era de 0.21, 0.21 y 0.25 m<sup>2</sup> respectivamente, el volumen de concreto por columna fue  $C_1=0.714$  m<sup>3</sup>,  $C_2=0.714$  m<sup>3</sup> y  $C_3=0.820$ m<sup>3</sup>, multiplicando estos valores por el número respectivo de columnas, tenemos un volumen total de 6.8 m<sup>3</sup> (considerando 3% de desperdicios)

Por lo tanto para solicitar concreto premezclado, era necesario contar con el encofrado y armadura de todas las columnas listas para ser rellenas a fin de acumular un volumen mayor a 6 m<sup>3</sup> y evitar de este modo sobre costos producto del vaciado de volúmenes menores, puesto que la compañía de premezclado cobra la misma tarifa por 6 m<sup>3</sup> o menos y resultaría ilógico pagar por 6 m<sup>3</sup> y emplear un volumen menor, motivo por el cual se decidió vaciar parte de las muros de contención y las columnas en tres etapas a fin de garantizar volúmenes mayores de 6m<sup>3</sup>.

Retomando el proceso constructivo, se solicitó la cantidad de concreto premezclado necesaria para cada etapa del vaciado e indicando la hora a la que debería llegar.

Luego faltando aproximadamente treinta minutos antes de la hora programada para la llegada del concreto premezclado, se humedecía las caras del encofrado y la interfase entre columnas y zapatas.

A continuación se inició el proceso de vaciado colocando una capa de 50 cm de concreto, la cual fue vibrada con vibrador manual, procurando no vibrar en un mismo punto por más de 30 segundos a fin de evitar la segregación, continuando con el vaciado y el vibrado capa por capa hasta que el concreto alcanzó el nivel preestablecido.

Finalizado el vaciado de concreto en una columna la cuadrilla se traslada a la siguiente y así sucesivamente, hasta que concluir con el vaciado de todas las columnas cuyo encofrado se encontrase habilitado.

De este modo se concluyó el proceso constructivo de vaciado de las columnas. Luego de 48 horas de vaciado se procedió al desencofrado de los costados de la columna, iniciándose el proceso de curado por aspersión cada 3 horas por un lapso de 7 días.



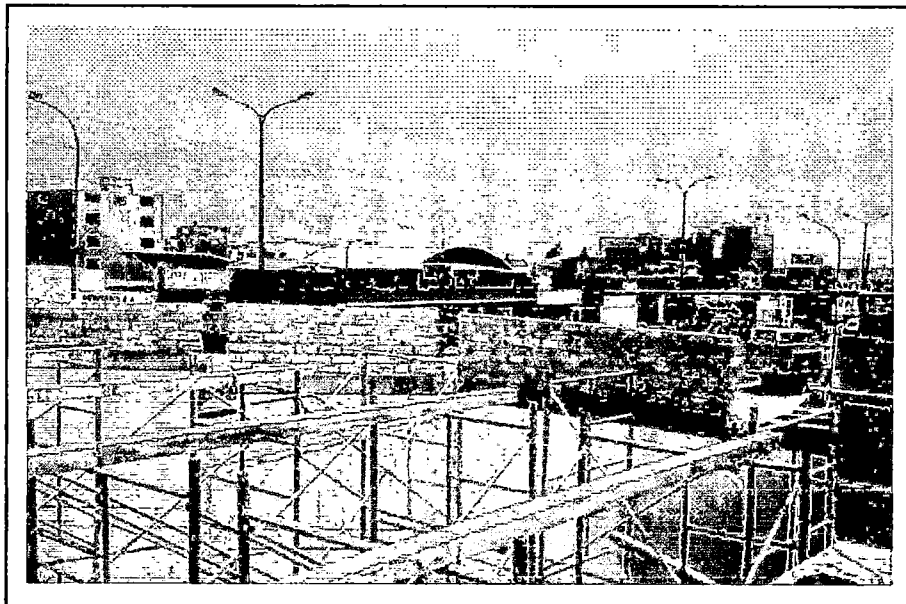
#### 4.2.2. Columnas de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.

Tal como indicamos anteriormente el proyecto de la Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A. no contempla la construcción de nuevas columnas, ya que se aprovecharan las existentes en el cerco perimétrico y el edificio de oficinas, sin embargo se construyeron dos nuevas columnas que sirvieron de sustento al portón de acceso a esta nueva etapa de la planta industrial.

El proceso constructivo de este par de columnas es muy similar al descrito en el ítem anterior, por lo tanto no me extenderé en ello.

Sin embargo debo indicar que dado que la altura proyectada de piso a techo es de 4.60 y las columnas perimetrales y del edificio de oficinas miden 4.00 m, fue necesaria la ampliación de las columnas existentes en 0.60 m. Proceso constructivo que detallo a continuación.

El primer paso fue picar la parte superior de las 18 columnas (0.25x0.30) existentes del cerco perimétrico en aproximadamente 0.50 m y las 10 columnas (0.45x0.30) del edificio de oficinas una longitud de 0.40 m, con lo cual se generó 3.5m<sup>3</sup> de desmonte (considerando 30% de esponjamiento).

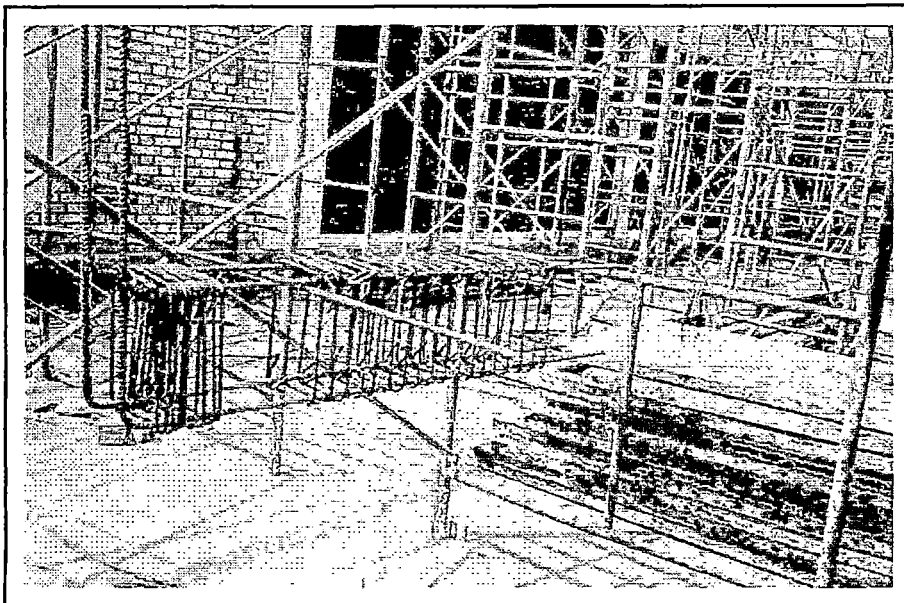


Fotografía N°4-1 Picado de las Columnas Existentes



Para el picado de las columnas se empleo 4 peones, los cuales terminaron de picar la totalidad de las columnas en aproximadamente 2 días (fotografía N°4-1).

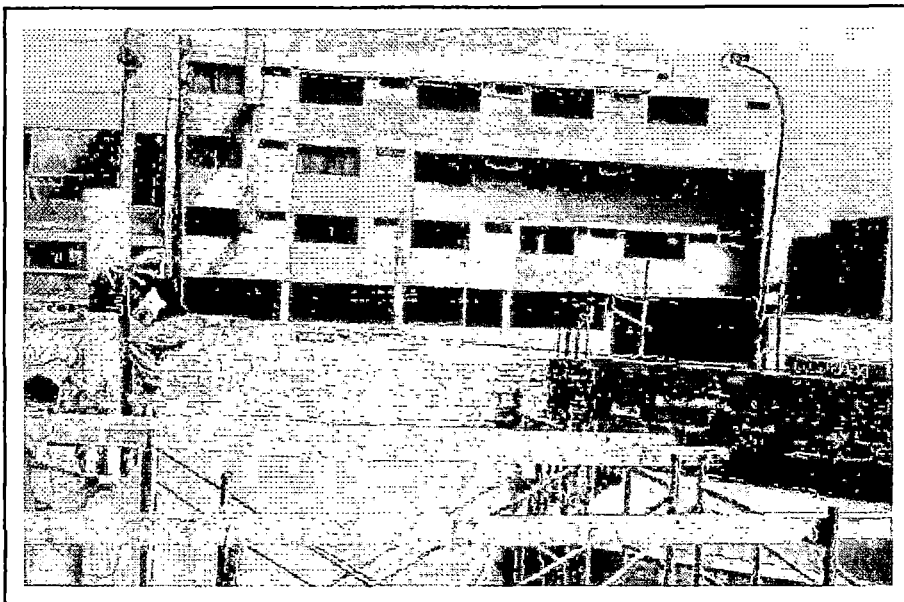
Como paso siguiente se limpió la armadura de todas las columnas picadas, mientras que el taller provisional de fierriería, el operario fierrero procedió a armar los adicionales de columnas, que se montarían sobre las existentes (fotografía N°4-2). Paralelamente se levantó sobre el cerco perimétrico 0.60 m de muro de ladrillo de soga.



**Fotografía N°4-2. Armadura adicional montada sobre las columnas existentes**

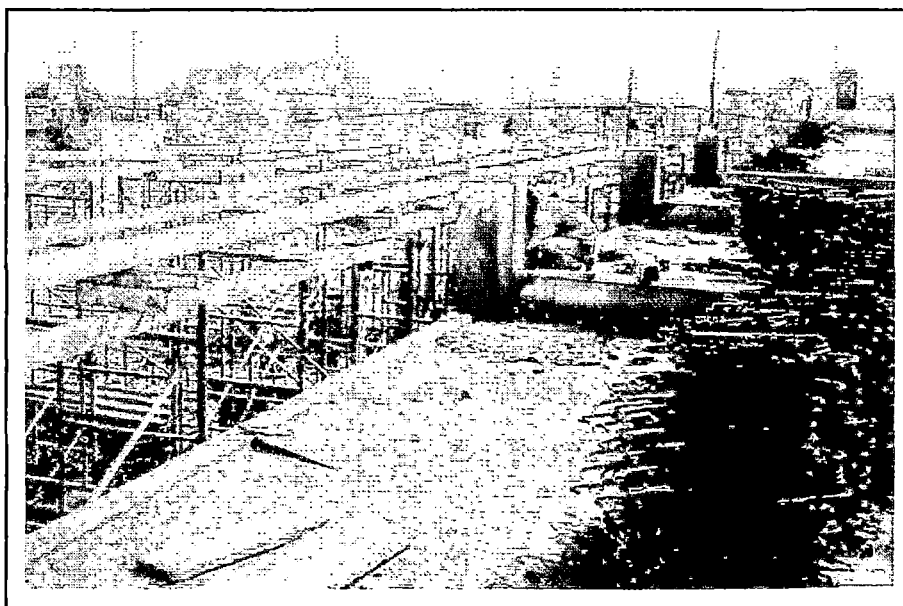
Una vez finalizada la construcción del adicional de muro se procedió al izaje manual de los adicionales de columna empleando soga.

La longitud de empalme de la armadura nueva con la vieja fue de 0.35 m y reforzada con un punto de soldadura cada 5 cm. A continuación se encofraron los adicionales de columna, empleando para ello tablonces de madera de 1.00 m, arriostrados al adicional de muro (fotografía N°4-3).



Fotografía N°4-3. Encofrado de los adicionales de columna

Luego se preparó concreto para vaciarlo en los adicionales de columna. Transcurridos dos días se desencofraron los adicionales de columna, quedando listo de este modo el aumento de columnas en 0.60 m (fotografía N°4-4).



Fotografía N°4-4. Adicionales de columna desencofrados



### **4.3. Tridilosa**

---

La Estructura Espacial Compuesta (EEC) o Tridilosa es una estructura espacial autoportante, en la que los elementos que la forman trabajan bajo las condiciones más elementales, es decir solamente a esfuerzos de tracción, compresión y cortante, los materiales que la constituyen están ubicados de manera tal que el acero absorba las tracciones, el concreto las compresiones y las diagonales (también constituidas de acero), alternativamente, la tracción o la compresión.

#### **4.3.1. Tridilosa de la Obra Comedores del Congreso de la República**

La tridilosa de la obra Comedores del Congreso de la República, esta conformada por dos losas macizas de concreto y una malla espacial de acero corrugado soldado en los nudos, con capiteles centrales y perimetrales para eliminar los efectos de punzonamiento, además de ello esta conformada por vigas centrales de sección recta de  $0.30 \times 0.80 \text{ m}^2$  en las dos direcciones.

La tridilosa es de sección variable de  $0.50 - 0.75 \text{ m}$  a 4 aguas y en todo el perímetro se considera una viga de  $0.30 \times 0.50 \text{ m}^2$  como elemento de borde y tapa.

Antes de iniciar la descripción del proceso constructivo de la tridilosa debemos mencionar dos aspectos fundamentales previos al inicio de la construcción de esta:



1. Antes de armar el encofrado metálico es necesario que se halla vaciado el falso piso sobre el terreno adecuadamente compactado, puesto que si se coloca los puntales metálicos telescópicos, directamente sobre el terreno compactado es posible que aflojen el mismo y los puntales se asienten, generado con ello, deformaciones y asentamientos en la losa no deseados.
2. Todas la columnas deben estar rellenas de concreto y enrasadas al nivel + 0.50 m, con por lo menos una semana de anticipación a la colocación del encofrado metálico, para que de este modo estas alcancen la resistencia mínima requerida y puedan se desencofradas antes de armar el encofrado de la tridilosa.

El proceso constructivo de la tridilosa, se inició con el armado del encofrado metálico siguiendo las indicaciones del plano respectivo proporcionado por la sección de ingeniería de la compañía de encofrado metálico quien diseño y calculó el mismo.

El proceso de colocación y armado del encofrado metálico, se vera con mayor detalle en el capítulo V "Encofrado" en el ítem 5.1.3.

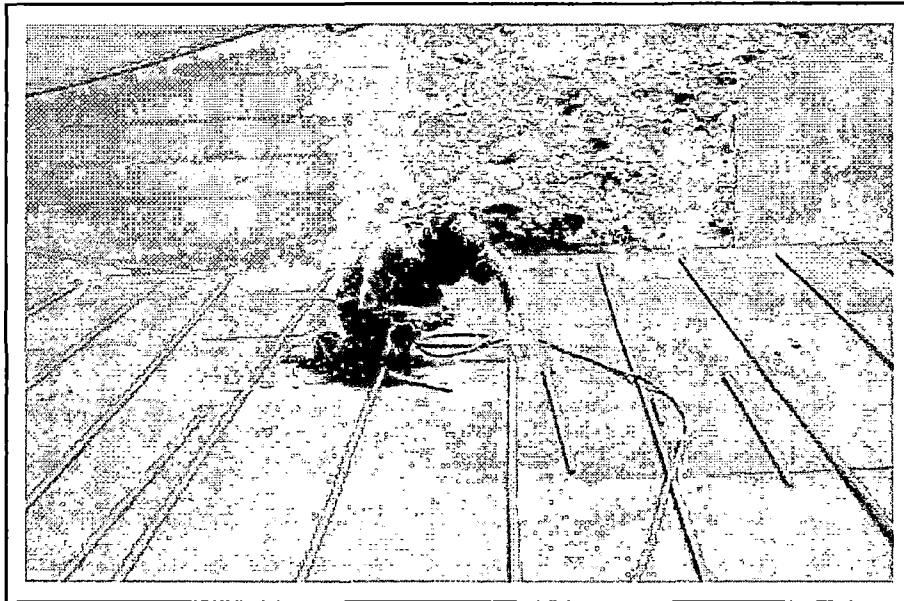
Finalizada la colocación del encofrado metálico la cuadrilla de trazo y replanteo, dibujó la malla inferior de la tridilosa, sobre este, empleando para ello, escuadra metálica, cinta métrica y tiralíneas.

A continuación el operario fierrero y sus ayudantes colocaron las varillas de acero longitudinal que forman parte de la malla inferior.

Luego se inició el proceso de soldadura a tope de las varillas de 3/4" en la dirección de los ejes A, B y C, del comedor de congresistas (ver plano E-3).

Si observamos la fotografía N°4-5 podemos apreciar el proceso de soldadura a tope, note el ángulo de 45° que forma el electrodo con el plano horizontal en la dirección perpendicular a la varilla, así mismo se puede apreciar que el operario cuenta con los aditamentos básicos de seguridad (guantes y máscara).





Fotografía N°4-5. Proceso de soldadura a tope de la malla inferior

Concluido el proceso de soldadura a tope de las varillas longitudinales en la dirección de los ejes A, B y C, se procedió a la colocación de las varillas longitudinales en la dirección de los ejes 1, 2 y 3 (perpendiculares a los ejes A, B y C), luego de lo cual se soldó a tope este nuevo grupo de varillas.

Una vez soldadas longitudinalmente todas las varillas de la malla inferior, en ambas direcciones, se procedió a unir las intersecciones con un punto de soldadura, formando así una malla sólida compuesta por cuadrados de  $0.50 \times 0.50$  m<sup>2</sup>.

Luego se procedió a soldar las varillas de refuerzo de  $1/2''$  de 2.50 con un bastón de anclaje de 0.30 m, alrededor de todo el perímetro de la tridilosa, en la futura ubicación de la viga de borde (o perimetral), a un espaciamiento de 0.50 m. A continuación se soldaron las varillas de refuerzo adicional de  $1''$  de 4.50 m, a las varillas perimetrales de  $1/2''$  anteriormente mencionadas, pero esta vez con un espaciamientos de 1.00 m.

Finalizado todo el proceso de soldadura de la malla inferior, se colocó sobre esta una malla electro soldada de 4.5 mm de espesor con cocadas de  $15 \times 15$  cm para evitar fisuras milimétricas en el concreto de la losa inferior.



Debo indicar que la malla electro soldada se vende en planchas de 1.50 x 1.50 m<sup>2</sup>, es muy ligera y fácil de colocar, basta una sola persona.

A continuación se procedió a unir los diagonales (varillas dobladas en forma de sierra), con la malla inferior.

El proceso de habilitación y colocación de los diagonales se detallara en el capítulo VI "Acero", en los ítems 6.1.4. y 6.2.3.

Finalizado el proceso de unión de los diagonales con la malla inferior se inició la colocación del acero de las vigas centrales, que unen las 4 columnas C2 en forma de "T" a la columna central cuadrada C3, tal como se puede apreciar en la figura N°4-3.

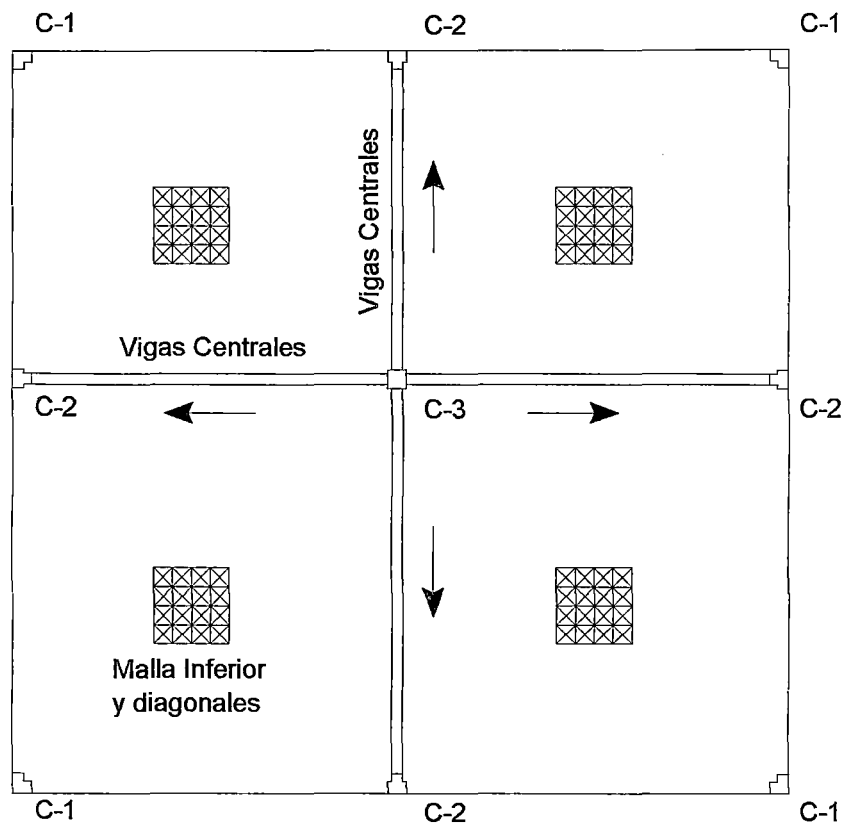


Figura N°4-3. Esquema de colocación de las vigas centrales



Asimismo se inició la colocación de la armadura de la viga de borde, alrededor de todo el perímetro de la tridilosa, uniendo las columnas C1 a las columnas C2, tal como se aprecia en la figura N°4-4.

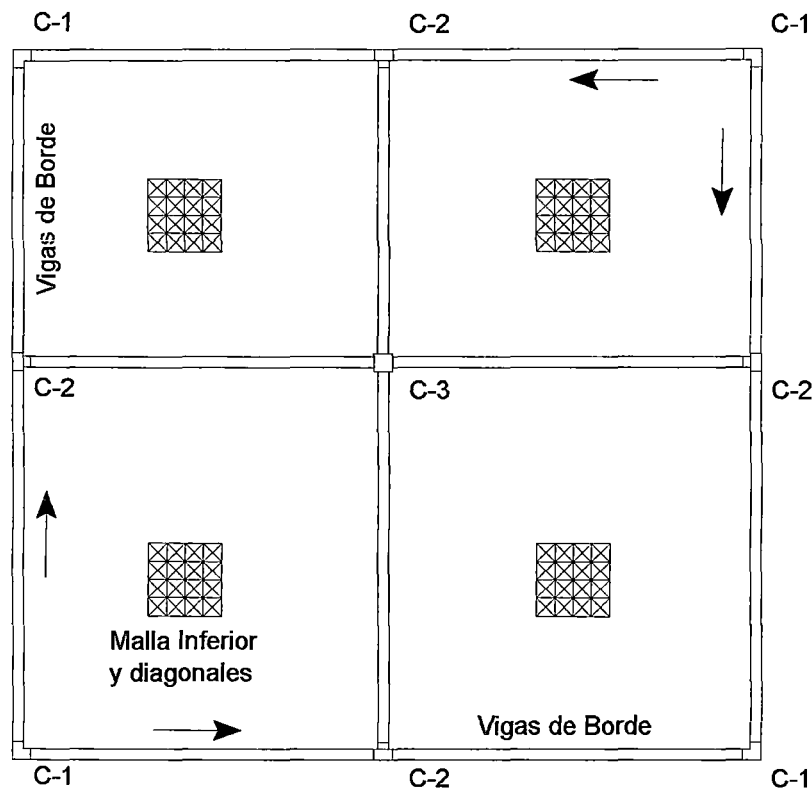
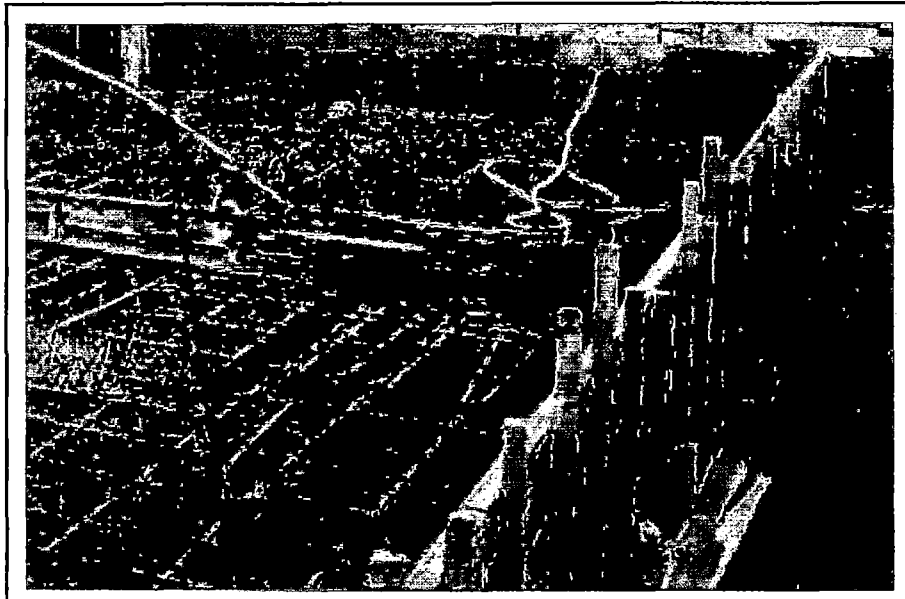


Figura N°4-4 Esquema de colocación de las vigas de borde

Concluida la colocación de la armadura de la viga de borde se colocó de la armadura del parapeto perimetral de 0.20 x 0.50.

Finalizado este proceso, la cuadrilla de encofrado inició la instalación del encofrado perimetral exterior de la viga de borde y el parapeto de concreto armado, para lo cual se empleó los paneles de madera fabricados con triplay de 1.20 x 2.40 utilizados anteriormente en el encofrado de los muros de contención, asegurando estos con barrotes verticales y amarrándolos con alambre negro #8 a la armadura de la viga de borde, separando la armadura del encofrado con dados espaciadores de 4 cm de espesor (fotografía N°4-6).



Fotografía N°4-6. Instalación del encofrado perimetral de la tridilosa

Una vez finalizada la colocación de la armadura de las vigas centrales, se encofraron las caras laterales de las mismas, empleando para ello los paneles de madera utilizados en el encofrado de las columnas, recuerde que estas vigas tienen una altura constante de 0.80 m mientras que la tridilosa tiene un espesor variable de 0.50 a 0.75 m.

Por otra parte mientras que la cuadrilla de encofrado estuvo realizado todos estos trabajos, la cuadrilla de fierreteria y soldadura, trabajaban paralelamente colocando y soldando las varillas de acero longitudinal de la malla superior a los nudos de las diagonales, formando de este modo el 90 % de la estructura espacial metálica.

Del mismo modo la cuadrilla de pintura, pintó todas las diagonales de la tridilosa, con pintura antioxidante, para evitar así la corrosión del acero corrugado.

Luego la cuadrilla de encofrado, colocó el encofrado perdido de madera catahua en la cara interior de la viga de borde, en las vigas centrales y en los capiteles, inmersos dentro de la tridilosa.



Paralelamente la cuadrilla de instalaciones eléctricas y la de instalaciones sanitarias, colocaron todos los puntos de luz y salidas de ventilación respectivamente.

Una vez listo todo lo anteriormente descrito se calculó el volumen de concreto necesario para el vaciado de la losa inferior de 0.07 m, las vigas de borde, las vigas centrales, y capiteles.

<b>Elemento</b>	<b>Sección (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Longitud (m)</b>	<b>Volumen (m<sup>3</sup>)</b>
Vigas Centrales	0.30 x 0.80 = 0.24	40.0	9.60
Losa Inferior e = 0.07 m	20.50 x 19.50 = 399.75	--	28.00
Viga Perimetral	0.30 x 0.50 = 0.15	80.0	12.00
Parapeto	0.20 x 0.50 = 0.10	80.0	8.00
Capiteles: Cant.			
Esquina (h=0.50) #4	0.85	--	1.70
Conexión (h=0.50) #4	1.50	--	3.00
Central (h=0.75) #1	4.00	--	3.00

El valor obtenido fue de 65.3 m<sup>3</sup>, sin embargo se solicitó a 67 m<sup>3</sup>, considerando un 3% de desperdicios. Este volumen fue distribuido en siete mixer de 8 m<sup>3</sup> y dos de 6 m<sup>3</sup>.

A continuación se procedió a la limpieza total del encofrado metálico que sustenta la tridilosa, empleando para ello una compresora de aire a fin de juntar todos los desperdicios, compuestos principalmente por colillas de soldadura supercito y en menor cantidad retazos de madera catahua y polvo.

Juntos todos los desperdicios, fueron recogidos, luego lo cual se procedió a humedecer todas las caras del encofrado de madera, especialmente la madera catahua, aproximadamente media hora antes de la hora programada para la llegada del concreto.

Posteriormente se procedió a verificar la contraflecha de las vigas y la losa, empleando para ello nivel de ingeniero tal como podemos apreciar en la fotografía N°4-7.



Fotografía N°4-7. Verificación de la contraflecha de la tridilosa

Luego de verificar la contraflecha en diversos puntos y realizar los cálculos respectivos se elaboró el siguiente esquema de nivelación de la tridilosa, considerando como cota 0.00 la intersección de los ejes C y 3 (figura N°4-5).

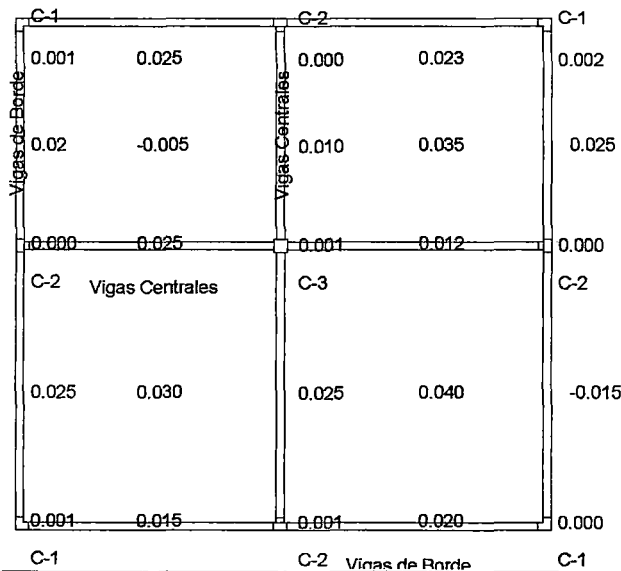


Figura N°4-5 Esquema de nivelación de la tridilosa.

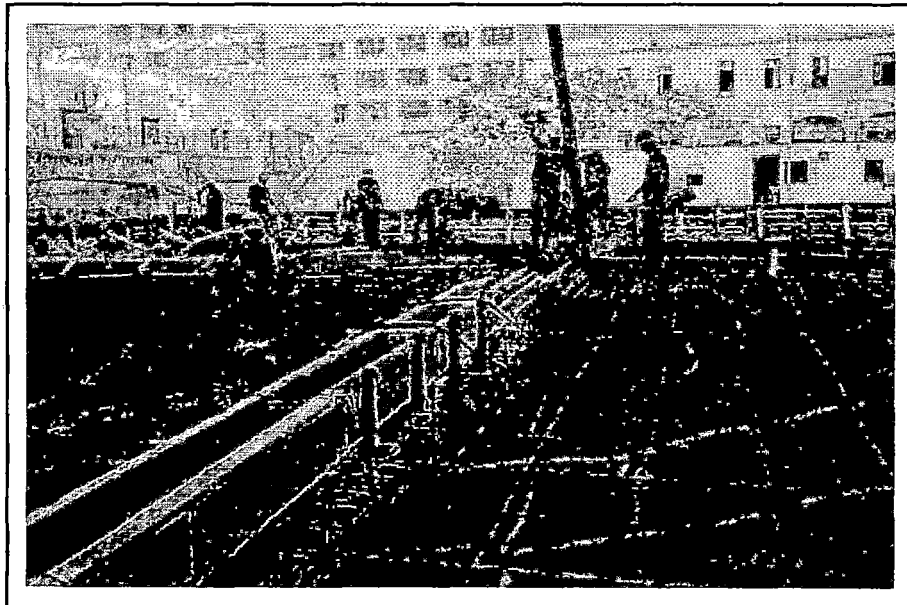


Procediendo a aumentar y en algunos casos a disminuir la contraflecha de las vigas perimetrales, centrales y la losa, a fin de proporcionar una adecuada contraflecha, con los valores que se muestran en el esquema de la figura N°4-6.

	C-1		C-2		C-1	
Vigas de Borde	0.001	0.030	Vigas Centrales	0.000	0.030	0.002
	0.025	0.040		0.025	0.040	0.025
	0.000	0.030		0.001	0.030	0.000
	C-2	Vigas Centrales	C-3		C-2	
	0.030	0.040	0.030	0.040	0.030	
	0.001	0.030	0.001	0.030	0.000	
	C-1		C-2 Vigas de Borde		C-1	

Figura N°4-6 Esquema de nivelación modificado de la tridilosa.

Debo indicar que para proporcionar la contraflecha adecuada basta girar las conexiones de los puntales telescópicos, disminuyendo o aumentando su altura según sea el caso, constituyendo esta una de las grandes ventajas que posee el sistema de encofrado metálico.

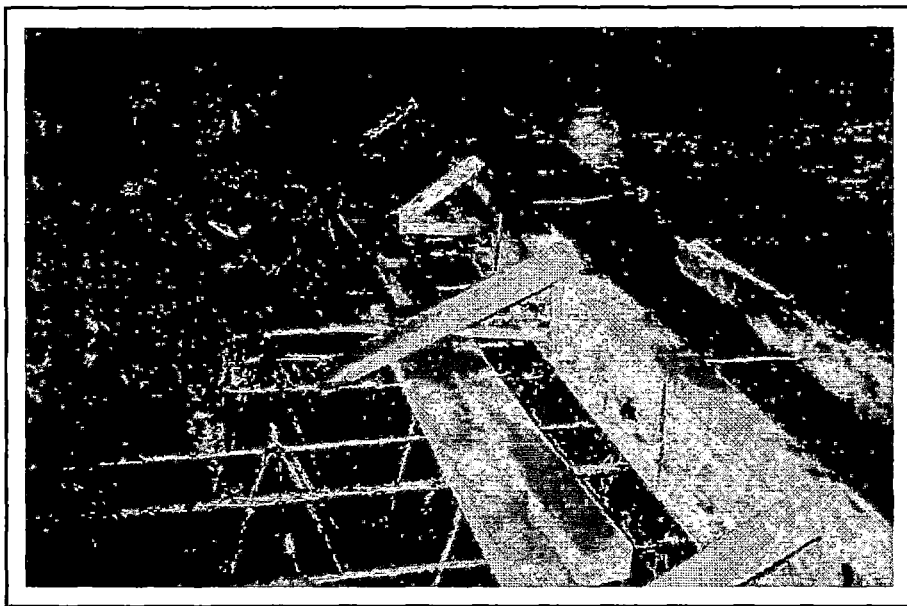


Fotografía N°4-8. Vaciado del capitel central y vigas centrales



El proceso de vaciado se inició llenando el capitel central, luego cada una de las vigas centrales, los capiteles de conexión, la viga de borde, los capiteles de esquina, el parapeto perimetral y finalmente la losa inferior (fotografía N°4-8)

Debo indicar que el vaciado de concreto se inició aproximadamente a las 3:00 p.m. finalizando a las 8:00 p.m. luego de 5 horas continuas de vaciado (fotografía N°4-9).



Fotografía N°4-9. Final del vaciado de la losa inferior de la tridilosa

Así mismo, durante todo el proceso de llenado de concreto se vibró con vibrador manual cada uno de los elementos anteriormente mencionados, procurando no vibrar en un mismo punto por mas de 30 segundos a fin de evitar la segregación.

Luego antes que el concreto fragüe se colocaron manualmente los bastones perimetrales superiores de 3.00 m cada 0.50 m, introduciendo cada bastón 0.30 m en la viga de borde.

El proceso de curado se realizó por riego de la losa y las vigas, y se inició a penas se quito el brillo superficial de humedad del concreto (5 horas después del vaciado) y se prolongó por un lapso de 7 días.

Transcurridas 24 horas del vaciado de las vigas se procedió a desencofrar sus costados.

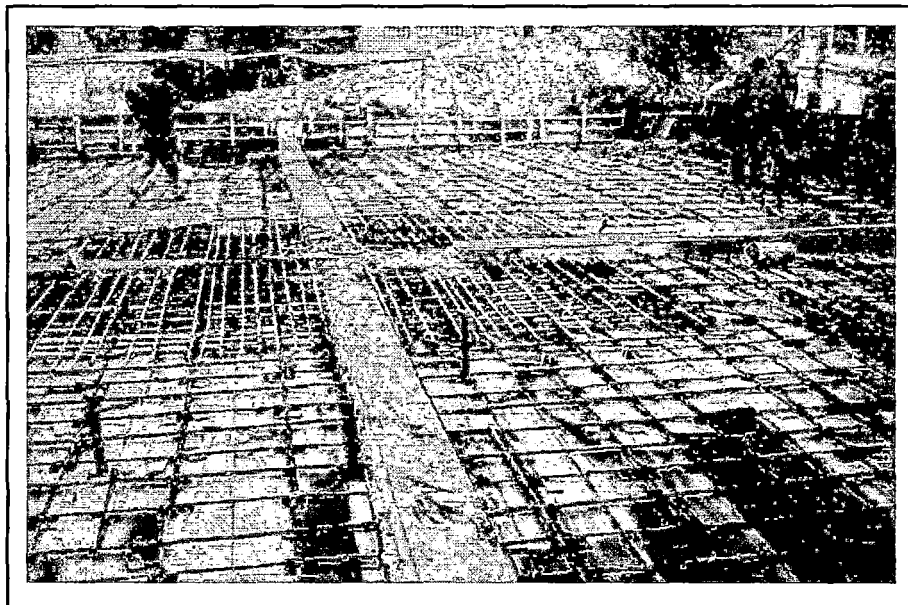




Luego la cuadrilla de fierriería colocó todos los refuerzos diagonales de la armadura de la losa de superior, en la zona de los capiteles y perímetro de la tridilosa y a continuación la cuadrilla de soldadura soldó estos a la malla superior de la tridilosa.

El paso siguiente estaba a cargo de la cuadrilla de encofrado perdido de madera catahua, quienes colocaron todo el encofrado que sirvió de forma a la losa superior (fotografía N°4-10).

El proceso detallado de elaboración y colocación del encofrado perdido de madera catahua, se explicará con mayor detalle en el capítulo V "Encofrado" en el ítem 5.2.1.4.2.



Fotografía N°4-10. Encofrado perdido de madera catahua

Finalizada la colocación del encofrado perdido de madera catahua, se calculó el volumen de concreto necesario para llenar la losa superior. El volumen solicitado fue 29 m<sup>3</sup>, considerando 3% de desperdicios, volumen que fue distribuido en 3 mixer de 8 m<sup>3</sup> y uno de 6 m<sup>3</sup>

Al igual que en los casos anteriores se procedió a humedecer el encofrado perdido de catahua, aproximadamente media hora antes de la hora programada para el vaciado, para evitar así que este absorba el agua del concreto.



El vaciado se inició a las 3:00 p.m. finalizado aproximadamente a las 5:00 p.m., debo indicar que a fin de que el espesor de vaciado sea el adecuado (0.07) la cuadrilla de albañilería enrasaba y nivelaba la superficie empleando una regla de metálica de aluminio de 3.00 m guiándose con las marcas de nivel trazadas en el parapeto perimetral y las vigas centrales.

Además en el caso de la losa superior, esta no es vibrada ya que el encofrado perdido de madera catahua no resistiría dicho proceso, únicamente se acomodo el concreto apizonando con la regla de madera (fotografía N°4-11).

El proceso de curado se realizó por riego de la losa y las vigas, y se inició a penas se quito el brillo superficial de humedad del concreto (5 horas después del vaciado) y se prolongó por un lapso de 7 días.

De este modo se concluyo el proceso constructivo de la tridilosa.



#### **4.3.2. Tridilosa de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

La tridilosa de la Obra "Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.", esta conformada por una losa superior maciza de concreto de 7 cm de espesor, una losa perimetral inferior de 1.00 m de ancho de igual espesor, una malla de acero corrugado de sección constante (0.50 m) soldada en los nudos, con capiteles perimetrales para eliminar los efectos del punzonamiento, además como parte de la estructura se considera una viga perimetral de sección rectangular como elemento de borde y tapa, para controlar la deflexión de la losa.

El proceso constructivo de la tridilosa se inició con el armado del encofrado metálico y sus adicionales de madera, sobre el piso de cemento pulido y bruñado, de esta nueva etapa de la planta industrial CROMOTEX, cabe resaltar que este piso ya se encontraba construido al momento de iniciar la obra.

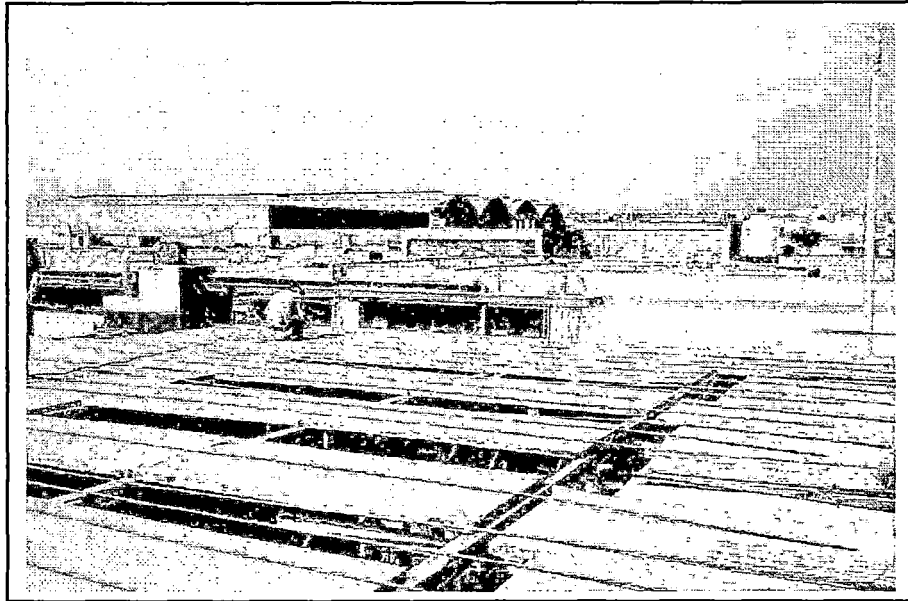
El proceso de colocación y armado del encofrado metálico y sus adicionales de madera para generar una contra flecha adecuada se verán con mayor detalle en el capítulo V "Encofrado" en los ítems 5.2.2. y 5.3.2.1.

Debo indicar que paralelamente al armado del encofrado, se realizó la construcción de los 0.60 m adicionales de columna.

Finalizada la colocación del encofrado metálico y los adicionales de madera, la cuadrilla de trazo y replanteo, dibujo la malla inferior de la tridilosa, sobre los paneles metálicos, empleando para ello escuadra metálica, cinta métrica y tiralíneas.

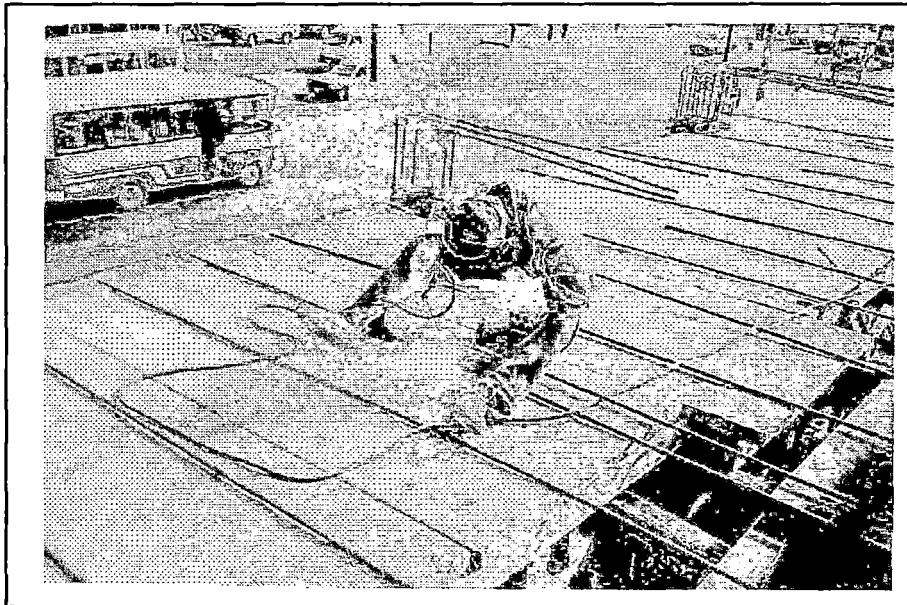
A continuación el oficial fierrero y sus ayudantes colocaron las varillas de acero longitudinal que forman parte de la malla inferior, tal como se puede apreciar en la fotografía que muestra en la página siguiente.

Luego se inició el proceso de soldadura a tope de las varillas de 1/2" en la dirección de la menor luz (fotografía N°4-12).



Fotografía N°4-12. Proceso de soldadura a tope de malla inferior de la tridilosa

Si observamos la fotografía N° 4-13 podemos apreciar el proceso de soldadura a tope, note el ángulo de  $45^\circ$  que forma el electrodo con el plano horizontal en la dirección perpendicular a la varilla, así mismo note que el operario cuenta con los aditamentos básicos de seguridad (guantes y máscara).



Fotografía N°4-13. Proceso de soldadura a tope de malla inferior de la tridilosa

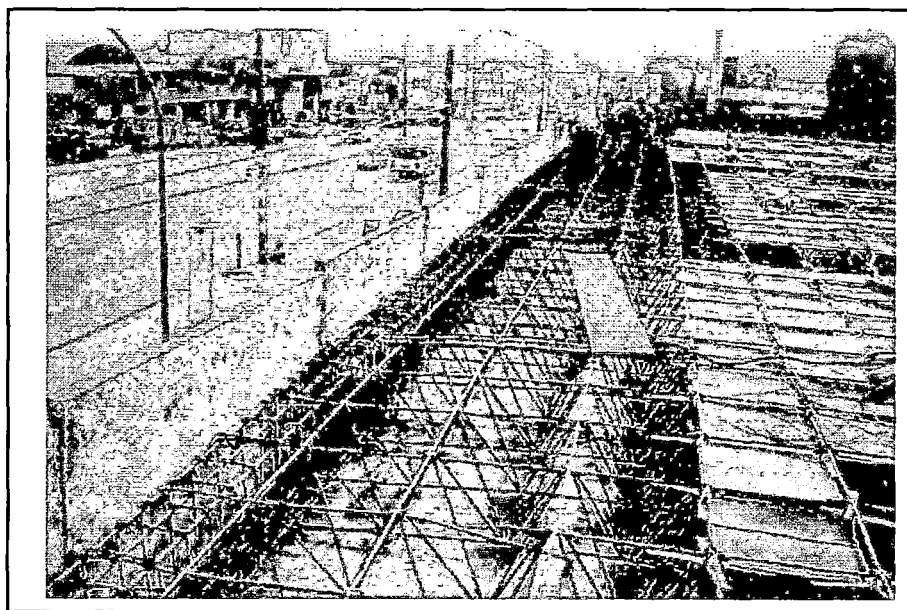


Concluido el proceso de soldadura a tope de las varillas longitudinales en la dirección de la menor luz, se procedió a la colocación de las varillas longitudinales en la dirección de la mayor luz (perpendicular a la anterior) luego de lo cual se soldó a tope este nuevo grupo de varillas. Una vez soldadas longitudinalmente todas las varillas de la malla inferior, en ambas direcciones se procedió a unir las intersecciones con un punto de soldadura, formando así una malla sólida compuesta por cuadrados de  $0.50 \times 0.50 \text{ m}^2$ .

A continuación se procedió a unir los diagonales (varillas dobladas en forma de sierra) con la malla inferior. El proceso de habilitación y colocación de los diagonales se detallara en el capítulo VI "Acero", en los ítems 6.1.4 y 6.2.3.

Finalizado el proceso de unión de las diagonales con la malla inferior se inició la colocación de la armadura de la viga de borde, alrededor de todo el perímetro de la tridilosa, uniendo de este modo todas las columnas entre sí con la Estructura Espacial Metálica (EEM).

Concluida la colocación de la armadura, la cuadrilla de encofrado inició la instalación del encofrado perimetral de la cara exterior de la viga de borde, empleando para ello planchas metálicas de  $2.25 \times 1.50 \text{ m}^2$ , asegurando estas con barrotes verticales y amarrándolas con alambre negro # 8 a la armadura de la viga de borde, separando esta del encofrado con dados espaciadores de 4 cm de espesor (fotografía N°4-14).



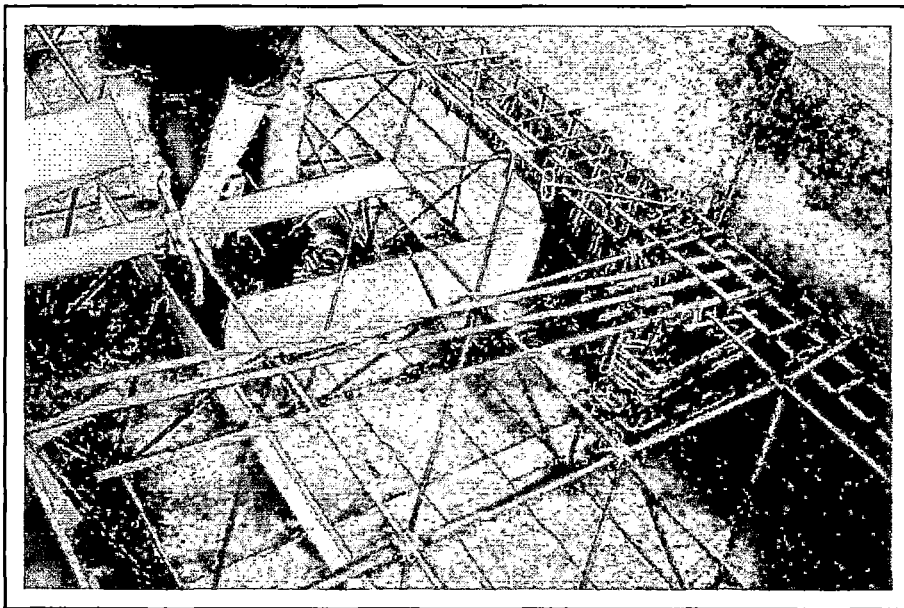
Fotografía N°4-14. Proceso de colocación del encofrado perimetral de la tridilosa



Por otra parte mientras que la cuadrilla de encofrado, estuvo colocando el encofrado perimetral anteriormente mencionado, la cuadrilla de fierriería y soldadura, trabajaron paralelamente colocando y soldando las varillas de acero longitudinal de la malla superior a los nudos de los diagonales, formando de este modo un 95% de la estructura espacial metálica (EEM).

Del mismo modo la cuadrilla de pintura, pintó todas las varilla de los diagonales de la EEM, entre la viga de borde y la losa inferior perimetral de un metro de ancho, con pintura antioxidante para evitar la corrosión del acero corrugado.

Luego la cuadrilla de encofrado, colocó el encofrado perdido de madera catahua, en la cara interior de la viga de borde, en los capiteles y el borde interior de la losa perimetral inferior (fotografía N°4-15).



Fotografía N°4-15. Proceso de colocación del encofrado perdido de madera catahua

Paralelamente la cuadrilla de fierriería colocó 3 líneas perimetrales de alambre negro # 8 equidistantes entre sí en la zona donde se ubicó posteriormente la losa inferior (observe el detalle en la fotografía anterior).

Una vez listo todo lo anterior descrito se calculó el volumen de concreto premezclado necesario para el vaciado de la losa inferior, la viga de borde y los capiteles.



A continuación se procedió a la limpieza del encofrado metálico, poniendo énfasis en la zona de la futura ubicación de la losa inferior perimetral.

Luego se procedió a humedecer todas las caras del encofrado perdido madera catahua, aproximadamente media hora antes de la hora programada para la llegada del concreto premezclado, a fin de evitar que este absorba agua de la mezcla.

Debo indicar que a diferencia de la tridilosa anterior (obra comedor de congresistas), aquí no se verificó la contraflecha puesto que durante el proceso de colocación de encofrado metálico y sus adicionales de madera, no se escatimaron esfuerzos para garantizar la contraflecha contemplada en el diseño.

El proceso de vaciado se realizó por tramos llenando una sección de viga perimetral entre dos capiteles, para luego llenar ambos capiteles y concluir dicho tramo llenado la sección de losa inferior delimitada por los elementos anteriormente vaciados, para luego continuar con el siguiente tramo, repitiendo dicho proceso hasta cubrir la totalidad de la losa inferior, viga de borde y capiteles (fotografía N°4-16).



Fotografía N°4-16. Proceso de vaciado de concreto

Debo indicar que el vaciado de concreto se inició a las 2:00 pm finalizando a las 6:30 pm, luego de 4.5 horas continuas de vaciado.



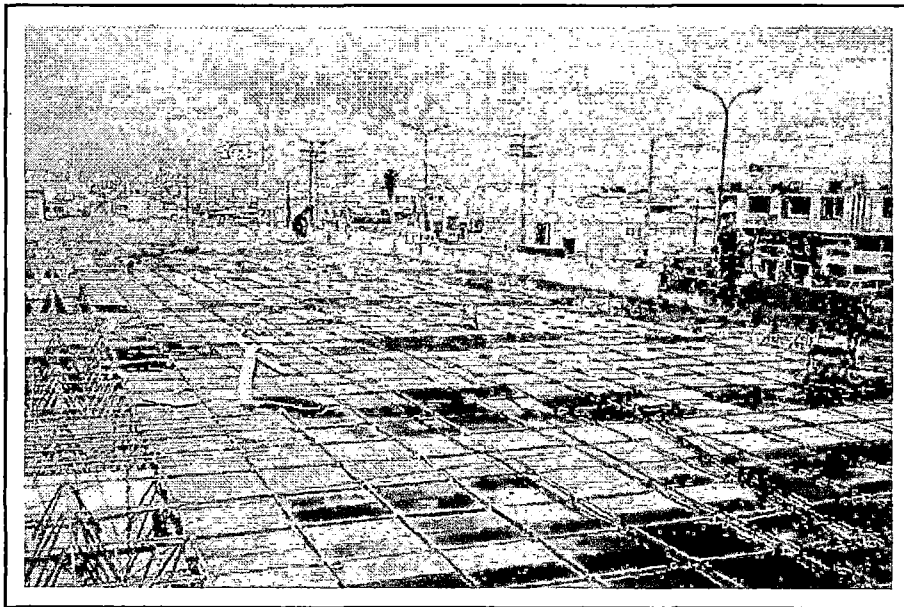
Así mismo durante todo el proceso de vaciado de concreto, se vibró con vibrador de aguja, cada uno de los elementos, procurando de no vibrar en un mismo punto por más de 30 segundos a fin de evitar la segregación.

Luego antes que el concreto fragüe se colocan manualmente las bastones perimetrales superiores de 2.50 m cada 0.50 m introduciendo cada bastón en 0.30 en la viga de borde.

El proceso de curado se realizó por aspersión y se inició una vez que se quito el brillo superficial de humedad del concreto de la losa, la viga de borde, y los capiteles.

A continuación la cuadrilla de fierriería colocó todos los refuerzos diagonales de la armadura de la losa superior en la zona de los capiteles y perímetro de la tridilosa, para finalizar su labor colocando el refuerzo de temperatura tal como indican los planos.

El paso siguiente estuvo a cargo de la cuadrilla de encofrado metálico de la losa superior, quienes colocaron una por una las planchetas metálicas prefabricadas sobre los nudos de la EEM, a fin de generar una superficie sobre la cual se pueda realizar el vaciado de la losa superior de la tridilosa (fotografía N°4-17).



Fotografía N°4-17. Encofrado desmontable de la losa superior de la tridilosa





Debo indicar que este trabajo se realizó en dos etapas, la primera conjuntamente con la cuadrilla de encofrado perdido de madera catahua, durante la etapa previa al vaciado de la losa inferior, viga de borde y capiteles.

La segunda etapa se realizó luego de vaciado, cuando se verificó todas las planchas anteriormente colocadas, para luego situar las planchas faltantes sobre la losa inferior perimetral, y finalizar colocando en las esquinas de la losa y en los bordes de los capiteles, adicionales de madera catahua a fin de lograr una superficie continua sobre la cual se vació la losa superior de la tridilosa.

El proceso de elaboración y colocación del encofrado metálico de la losa superior se vera con mayor detalle en el capítulo V "Encofrado" en el ítem 5.3.2.3.

Finalizada la colocación del encofrado de la losa superior se procedió a calcular el volumen de concreto premezclado necesario para llenar la losa superior.

Al igual que en los casos anteriores se procedió a humedecer las secciones del encofrado compuestas por madera catahua, aproximadamente media hora antes de la hora programada para el vaciado, para evitar así que esta absorba agua del concreto.

El vaciado se inició a las 10:00 am, finalizando a las 12:30 pm, debo indicar que a fin de que el espesor de vaciado sea el adecuado (0.07 m) la cuadrilla de albañilería apisonaba y nivelaba la superficie empleado una regla de madera guiándose con los marcas dejadas en el encofrado perimetral de la viga de borde.

Además a diferencia del vaciado de la losa inferior, viga perimetral y capiteles, esta no es vibrada puesto que el encofrado metálico de la losa superior podría no resistir dicho proceso y fallar en algunas zonas, por lo tanto únicamente se acomoda el concreto apisonando con la regla de madera.

El proceso de curado se realizó por aspersión y se inició una vez que se quito el brillo superficial de humedad del concreto de la losa superior, extendiéndose por un lapso de 7 días.

De este modo se concluyó el proceso constructivo de la tridilosa (fotografía N°4-18).



Fotografía N°4-18. Final del vaciado de la losa superior de la tridilosa



## **CAPITULO V**

# ***Encofrado***



## CAPITULO V

# *Encofrado*

### **5.1. Generalidades**

---

El Encofrado, irrumpe en la vida cotidiana del hombre a muy temprana edad. Ya en los albores de la civilización egipcia tenemos tesis relacionadas con la construcción de las pirámides que los involucran en el continente Africano.

Por otro lado, en el continente Americano, muchísimo antes de la llegada de los conquistadores españoles y antes de la administración del Imperio Inca, se sabe que la cultura Lambayeque (Perú) construyó en el valle de las Pirámides de Túcume, la obra de adobe más grande del mundo: *"Huaca Larga"*.

Estos testimonios palpables de magnas obras que aún se conservan, elevan la función del encofrado, a los primeros tiempos inteligentes del hombre Ingeniero y Constructor. Sin embargo, para nuestros tiempos, el encofrado aparece asociado al descubrimiento del concreto y posteriormente al del concreto armado, genialidad del hombre, tan importante como la rueda o la electricidad

Denominamos *"Encofrado"* al conjunto de elementos que sirven para contener y dar forma a la masa de concreto hasta su endurecimiento, se le da también otros nombres como: "formas", "formaletas", "moldes", "moldajes", etc. En nuestro medio los encofrados de madera y metálicos son empleados principalmente.



La madera contraplacada, se usa especialmente para el encofrado de bóvedas y concreto caravista (empleando para ello paneles de formas especiales).

La madera rústica, en tablas, pies derechos, cuartones, se usa para dar forma a columnas, vigas y el resto de estructuras de concreto.

Los encofrados metálicos se emplean fundamentalmente para losas aligeradas y sólidas, así como también para concretos caravista.

La mayoría de los sistemas de encofrado metálico tienen patentes especiales, en nuestro país se emplean los sistemas ACROW, EFCO, y UNI – SPAN.

En algunos casos el terreno también puede servir de encofrado, pero con las debidas precauciones; este es el caso de las cimentaciones.



## 5.2. Encofrado de Madera

---

La madera es el material de uso más frecuente en nuestro medio, se vende en diferentes tamaños y dimensiones, siendo las más usuales: tablas de 1", 1 ½" y 2", con anchos de 4", 6", 8", 10" y 12", también pies derechos o puntuales en secciones de 2"x3", 2"x4", 3"x3", 3"x4", 4"x4", 6"x4" generalmente.

Además es muy frecuente usar puntales de troncos derechos de eucalipto (rollizo) con diámetros que oscilan entre 4" y 6". La madera más empleada en otro tiempo fue el pino Oregón, material importado que resiste mayor uso y es poco deformable, sin embargo con el paso de los años esta práctica ha sido dejada de lado por el alto costo y actualmente se usa madera nacional y en especial el "*Madera Tornillo*", madera que da, con un adecuado tratamiento, varios usos en buenas condiciones.

Aunque los encofrados son hechos rústicamente, sus dimensiones deben responder exactamente a las medidas de las estructuras proyectadas, por ello, teniendo en cuenta el aumento del volumen del concreto del fraguar, se debe tener mucho cuidado en los encofrados de vigas y columnas para obtener estructuras de dimensiones iguales a las indicadas en el proyecto.

La madera interviene en dos maneras diferentes, ya sea que deba estar en contacto directo con el concreto fresco, o que sirva para soportar o dar resistencia a la anterior.



La madera de apoyo o soporte necesita solamente las propiedades características de resistencia de la madera, en cambio la madera de contacto debe ofrecer las siguientes cualidades:

- No albearse con la humedad.
- No hincharse exageradamente al ser mojada.
- No estar ni muy verde, ni exageradamente seca.

En el primer caso la madera no es suficientemente rígida cuando se moja, y las maderas secas se rajan cuando toman agua, además de que aumentan mucho de volumen.

- La madera de grano grueso es propensa a producir hebras salientes o poros, origina superficies ásperas, las maderas blandas son las que dan superficies más lisas de concreto, pero por otro lado son fáciles de hincharse con el agua.

Como características esenciales de un buen encofrado tenemos:

- **Resistencia**, para soportar con seguridad el peso y la presión lateral de concreto y las cargas de construcción.
- **Rigidez**, que asegure que las secciones y alineamiento del concreto terminado se mantengan dentro de las tolerancias admisibles.
- **Estabilidad**, es usual que las fallas de los encofrados se deban a falta de arriostamiento. No olvidar que el peso del concreto es mucho mayor que el del encofrado y si este está ubicado en la parte alta del mismo, creará condiciones severas de carga vertical, más aún ante el movimiento del equipo liviano (vibradoras) o la inevitable colocación asimetría en el vaciado del concreto.
- **Estanqueidad**, las juntas deben ser herméticas, de manera que no ocurran fugas de la lechada de cemento.
- **Economía**, el costo del encofrado puede ser 1/5 a 1/3 del costo de la estructura, consecuentemente se requiere cuidado en el corte y mantenimiento de la madera, así como una sistematización que permite el uso repetido de las formas.



- Deberán ser de fácil desarme o desencofrado, a efectos de permitir desencofrados parciales y sucesivos de la estructura, favoreciendo así el endurecimiento del concreto sin alterar las condiciones de estabilidad del conjunto.

Es preciso entonces tener en cuenta para la construcción de las formas, el orden de armado del encofrado.

### **5.2.1. Encofrados de Madera de la Obra Comedores del Congreso de la República**

A continuación daremos ciertas pautas especiales a modo de descripción que se tenían en la obra durante el proceso constructivo de los encofrados de madera, así como esquemas ilustrativos de cada uno de los encofrados tipo.

#### **5.2.1.1. Encofrado de Madera de las Vigas de Cimentación**

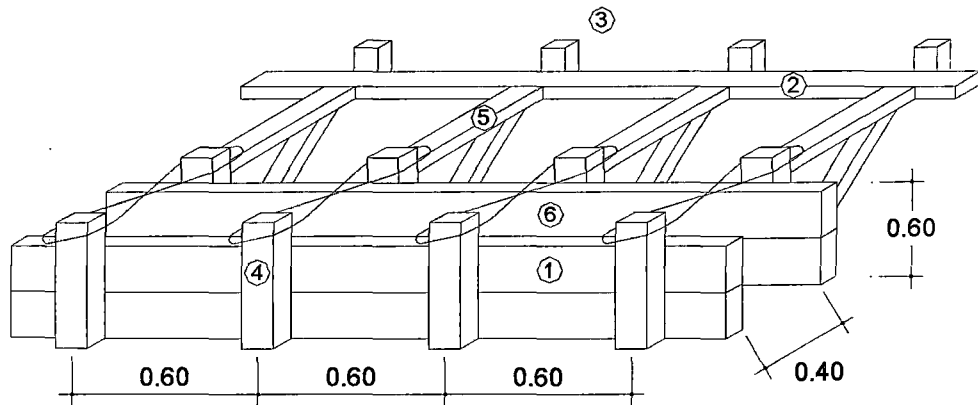
La sección típica de las vigas de cimentación en ambos comedores fue 0.40 x 0.50 m<sup>2</sup>. Por tal motivo se prepararon tableros con tablas de 1 1/2" x 12" para cubrir los costados de las vigas atiesando estos tableros con barrotes de 2" x 4", espaciados entre sí cada 0.60 m.

Así mismo se colocaron soleras de 2" x 3" a 0.50 m de los costados de la viga, reforzando estas con estacas de 2" x 3", tal como se puede apreciar en el esquema que se muestra en la figura N°5-1.

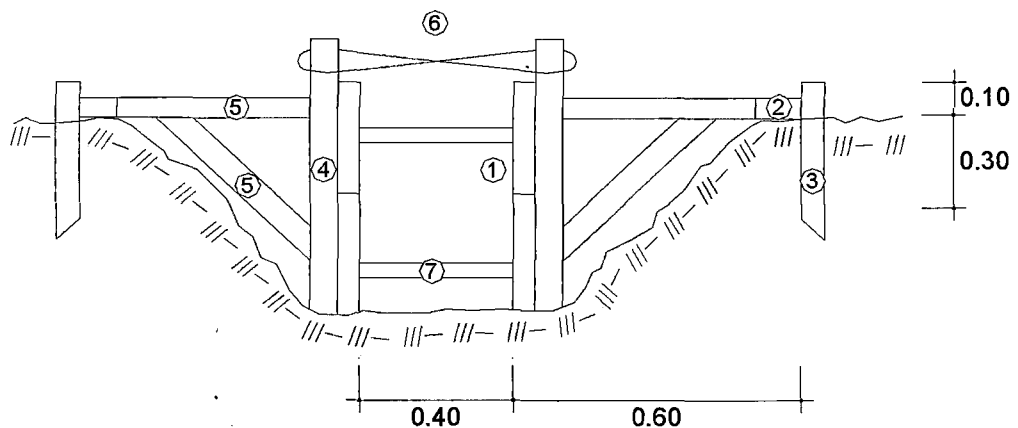
Además de ello los tableros fueron arriostrados, a los barrotes y estos a las soleras mediante tornapuntas de 2" x 3".

En el interior del encofrado se colocaron viguetas espaciadoras de 0.05 x 0.05 x 0.40 que finalmente fueron ajustadas entre sí empleando alambre negro # 8.





Detalle Típico de Encofrado  
de las vigas de cimentación



Sección Transversal

①	Tablones	1½" x 12"	(0.038 x 0.305)
②	Soleras	2" x 3"	(0.050 x 0.076)
③	Estacas	2" x 3"	(0.050 x 0.076)
④	Barrotes	2" x 4"	(0.050 x 0.102)
⑤	Tornapuntas	2" x 3"	(0.050 x 0.076)
⑥	Alambre Negro # 8		
⑦	Viguetas Espaciadoras	(0.050 x 0.050 x 0.400)	

Figura N°5-1 Encofrado del as Vigas de Cimentación



### 5.2.1.2. Encofrado de Madera de los Muros de Contención

El encofrado de los muros de contención estaba constituido básicamente por tableros de triplay de 4' x 8' x 18 mm reforzados con listones de madera de 2" x 3", tal como podemos apreciar en la figura N°5-2.

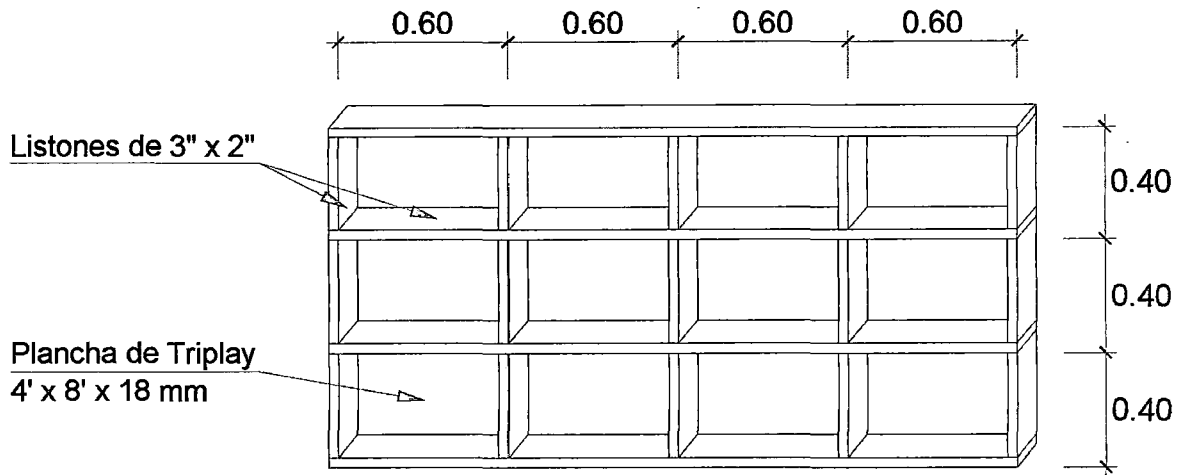


Figura N°5-2 Tablero de triplay

Estos tableros fueron dispuestos en forma vertical u horizontal según el requerimiento y reforzados en ambos casos por barrotes o párales de 2" x 3" espaciados cada 0.60 m y largueros de 2" x 4" colocados de abajo hacia arriba, el primero a 0.30 de la base, los dos siguientes a 0.40 y el resto a 0.60 m.

Las tomapuntas de 2" x 3" fueron colocadas en forma inclinada sobre los barrotes y anclados a las soleras que se encontraban sujetas al terreno por estacas, a fin de mantener la estabilidad del encofrado.

Durante la colocación de los paneles del encofrado se colocaron los "tensores" o "torsos" quienes representan el medio más económico y eficaz para impedir la separación de los tableros, estos están constituidos por alambre negro # 8 y se encuentran ubicados cada 0.50 m en ambos sentidos (largo y ancho), colocando además tensores adicionales en la parte baja, puesto que esta es la zona que soporta los mayores esfuerzos, teniendo siempre en cuenta la armonía de distribución (figura N°5-3).



Asimismo se colocaron dados espaciadores en la zona intermedia entre larguero y larguero para garantizar el correcto recubrimiento de la armadura acorde con las especificaciones técnicas y proveer al encofrado la separación adecuada entre paneles (restringiendo el efecto de los tensores), puesto que estos podrían variar esta separación juntando demasiado las planchas.

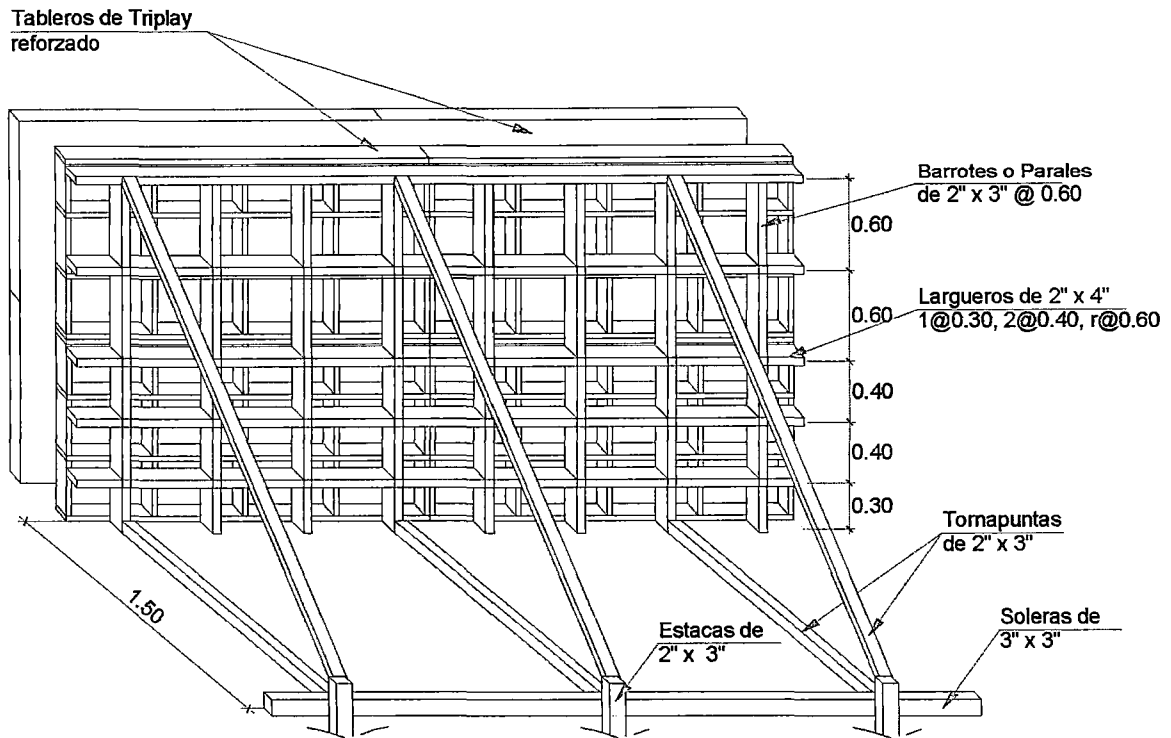


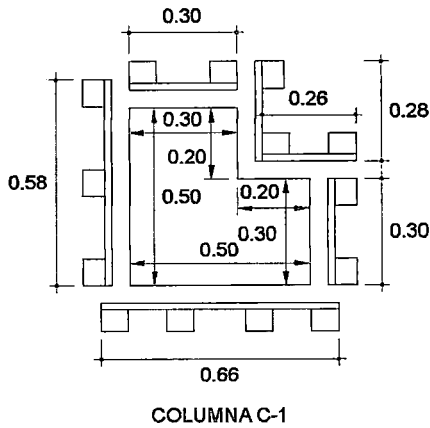
Figura N°5-3 Encofrado de muro de contención

### 5.2.1.3. Encofrado de Madera de las Columnas

El encofrado de las columnas estaba constituido básicamente por tableros de triplay de 18mm de espesor, reforzados con listones de madera de 2" x 3", al igual que los muros de contención, con la salvedad que en esta oportunidad las planchas de triplay de 4' x 8' fueron recortadas según las dimensiones de la columnas, constituyendo así paneles interiores y exteriores según el caso.



A continuación podemos apreciar el esquema elaboración del encofrado y corte de las planchas de triplay, en la figura N°5-4.

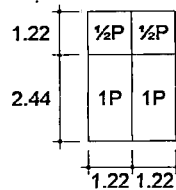


Dimensión de la Plancha de Triplay = 1.22 x 2.44

h col = 3.40 m.

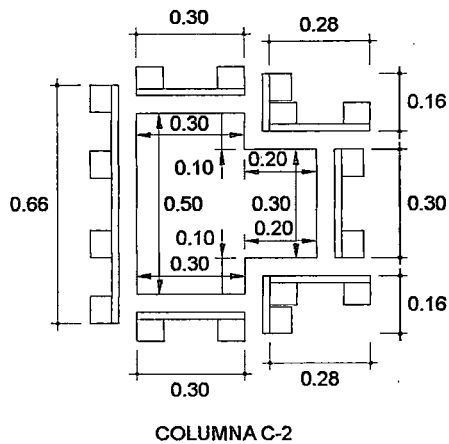
$L = 0.58 + 0.30 + 0.28 + 0.26 + 0.30 + 0.66$

$L = 2.38$  m.



$$T = 1P + 1P + \frac{1}{2}P + \frac{1}{2}P = 3P$$

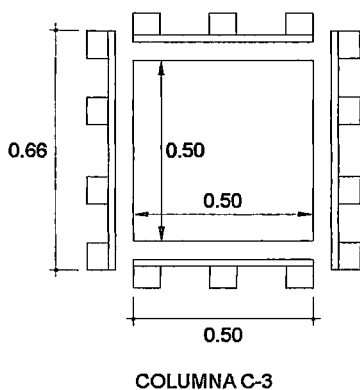
=> Se necesitan 3 planchas de triplay para cubrir el perímetro de la columna y 14 listones 3" x 2" de 3.40 m.



$L = 0.66 + 0.30 + 0.16 + 0.28 + 0.30 + 0.28 + 0.16 + 0$

$L = 2.44$  m.

=> Se necesitan 3 planchas de triplay para cubrir el perímetro de la columna y 16 listones 3" x 2" de 3.40 m.



$L = 0.66 + 0.50 + 0.66 + 0.50$

$L = 2.32$  m.

=> Se necesitan 3 planchas de triplay para cubrir el perímetro de la columna y 14 listones 3" x 2" de 3.40 m.

Figura N°5-4 Esquema elaboración del encofrado de las columnas



*Longitud de Corte de cada plancha de triplay con respecto a cada Columna*

<b>Columnas</b>	<b>Cant.</b>	<b>Primera Plancha (1.22 m)</b>				<b>Segunda Plancha (1.22 m)</b>				<b>Listones</b>
<b>C-1</b>	4	0.58	0.30	0.28	--	0.26	0.30	0.66	--	15
<b>C-2</b>	4	0.66	0.30	0.16	0.16	0.28	0.30	0.28	0.30	16
<b>C-3</b>	1	0.50	0.66	--	--	0.50	0.66	--	--	14

Resumiendo la información del cuadro anterior tenemos que necesitamos 24 planchas de triplay y 1387 listones de madera de 2" x 3" de 3.40 m de longitud.

Sin embargo para economizar y aventajar al presupuesto se decidió elaborar encofrado para dos columnas C-1, dos columnas C-2 y una columna C-3, todo esto con la finalidad de emplear al menos en cuatro oportunidades el encofrado, dos veces por cada comedor.

El proceso constructivo de los tres tipos de columnas es muy similar, es por ello que con fines didácticos, expondré dicho proceso de una manera general que englobe los tres casos.

El trabajo se inició una vez que la cuadrilla de fierriería finalizó el armado de la estructura metálica de la columna.

Como paso siguiente, se colocaron los tableros sobre la superficie de la zapata en contacto con el pequeño molde de concreto con las dimensiones de la columna, (formado durante el vaciado de la zapata) luego se colocaron marcos de madera de 2" x 3" al rededor del perímetro de la columna colocándolos de abajo hacia a arriba, el primero a 0.30 m, los dos siguientes a 0.40 y el resto a 0.60 m.

Así mismo durante la colocación de los paneles del encofrado se colocan los "tensores" o "torsos", que representan como ya mencionamos anteriormente, el medio más económico y eficaz para impedir la separación de los tableros ante el empuje del concreto; estos están constituidos por alambre negro # 8 y se encuentran ubicados siguiendo la misma distribución que los marcos de madera perimetrales a la columna.

Al igual que en los encofrados anteriormente mencionados se colocan "dados espaciadores" en la zona intermedia entre marco y marco de arriostre.



En la figura N°5-5 se puede apreciar un corte transversal de una columna, observe la ubicación de los marcos, los tensores y dados espaciadores.

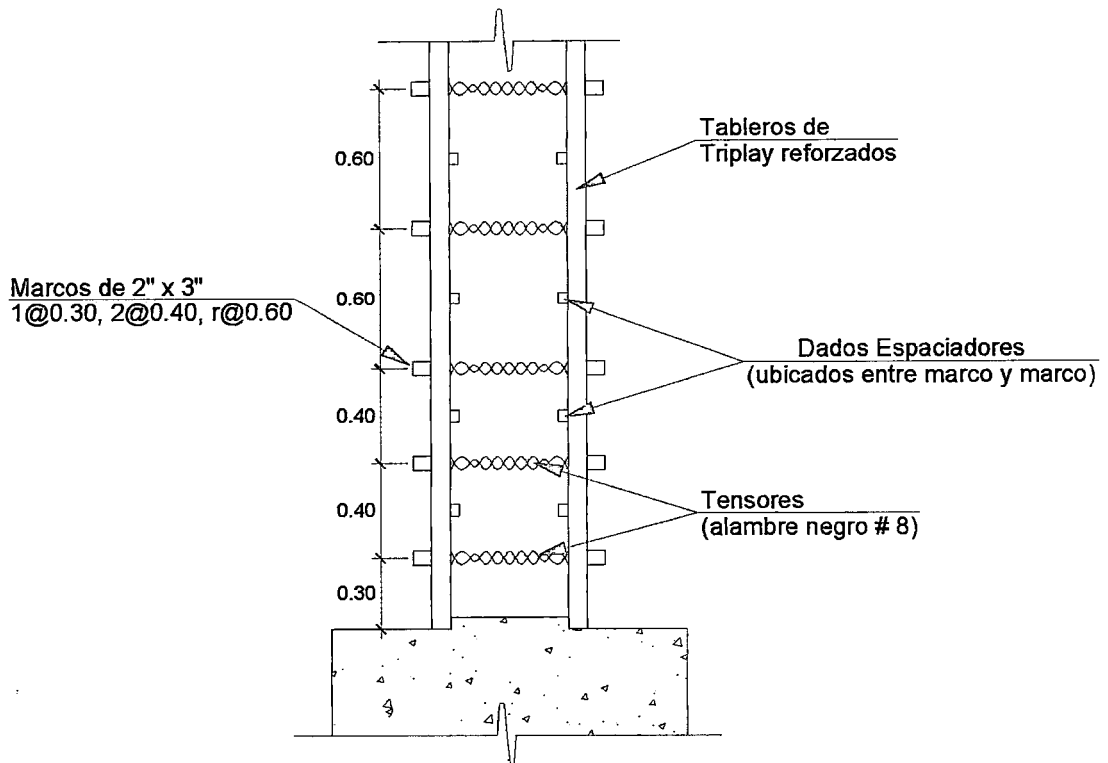


Figura N°5-5 Corte transversal de una columna típica

Finalmente se colocan dos tornapuntas de 3" x 3" en forma inclinada, sobre el marco que se encuentra aproximadamente a la mitad de la altura de la columna, el cual para nuestro caso fue el quinto contando de abajo hacia arriba, anclando esta tornapunta al terreno mediante una estaca y formando un ángulo de 60° aproximadamente.

Debo recalcar que durante el proceso de colocación del encofrado se verificó en todo momento las dimensiones y plomada de los tableros.



#### 5.2.1.4. Encofrado Perdido de Madera Catahua

La madera Catahua o "Hura Crepitans" es una especie propia de los países andinos, que crece únicamente en nuestro país y en Bolivia, donde se le denomina "Ochoó".

Posee una densidad promedio de 0.41 gr/cc y se le clasifica como una madera estructural del grupo "C" (grupo de menor resistencia), teniendo los siguientes esfuerzos admisibles:

<i>Madera</i>	<i>Flexión</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	<i>Tracción</i> <i>Paralela</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	<i>Compresión</i> <i>Paralela</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	<i>Compresión</i> <i>Perpendicular</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	<i>Corte</i> <i>Paralelo</i> (kg/cm <sup>2</sup> )	<i>Módulo de</i> <i>Elasticidad</i> (kg/cm <sup>2</sup> )
<b>Catahua</b>	100	75	80	15	8	90 000

Según el Proyecto Andino de Desarrollo Tecnológico en el área de los Recursos Forestales Tropicales (PADT - REFORD)<sup>1</sup>.

##### 5.2.1.4.1. Encofrado Perdido de Madera Catahua de Vigas y Capiteles

Para el encofrado de vigas y capiteles se empleó madera catahua en tablas de 10" x 13' (0.25 x 4.00) y 18 mm de espesor, debo resaltar que esta tipo de planchas son elaboradas por la maderera a solicitud del contratista.

En el caso específico de los vigas, estas planchas fueron colocadas en dos hileras, de manera continua entre las diagonales de la tridilosa y las caras interiores de la vigas.

La primera hilera se coloca de arriba hacia abajo, introduciéndola entre los diagonales de la primera pirámide adyacente a la viga, deslizándola hacia la segunda pirámide de izquierda a derecha y así sucesivamente.

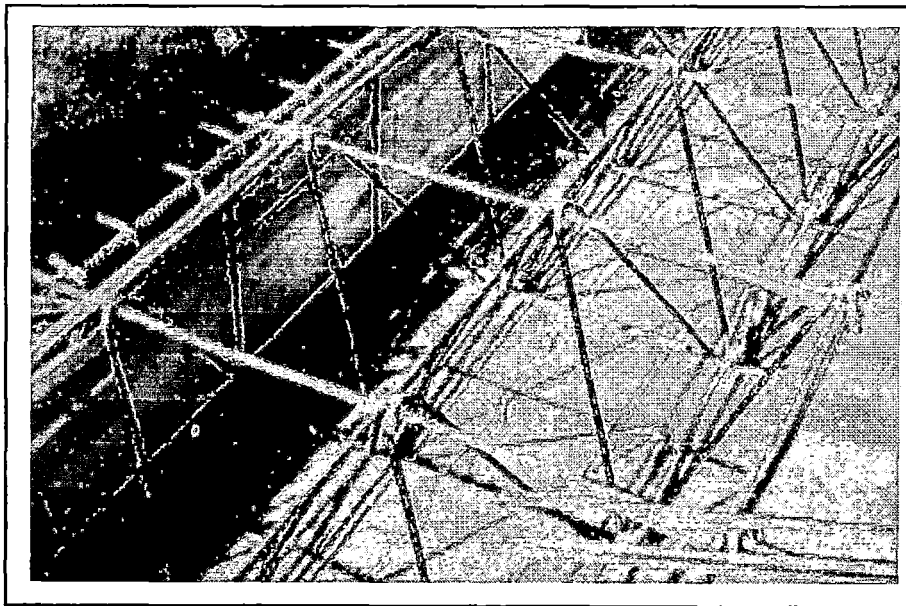
<sup>1</sup> Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino. Junta del Acuerdo de Cartagena -PADT-REFORT



Una vez colocada la primera hilera, se introduce la segunda empleando la misma metodología, sin embargo en esta oportunidad los diagonales de las pirámides adyacentes a la viga, obstaculizan la colocación de esta sobre la primera, por lo tanto para poder ubicar esta segunda hilera, es necesario efectuar cortes en forma de pequeñas ventanas, que permitan el paso de los diagonales de las pirámides a través de la plancha de madera. Logrado esto se cuenta dos hileras continuas de madera catahua que cubren la cara interior de la viga.

Para asegurar y garantizar la verticalidad de las planchas de madera, se empleó pares de varillas de acero de  $3/8''$  de 0.50 m, las cuales se colocan entre nudo y nudo de la malla inferior, entortolándolas, en la parte intermedia de las mismas (en la zona de interfase entre la primera segunda hilera) y en la parte superior e inferior de la varilla, amarrándolas entre si y a su vez a la estructura metálica de la viga a fin de asegurar el encofrado perdido.

En todos los casos estas varillas son amarradas empleando alambre negro #16, tal como se aprecia en la fotografía N°5-1.



Fotografía N°5-1 Encofrado de madera catahua de las vigas perimetrales

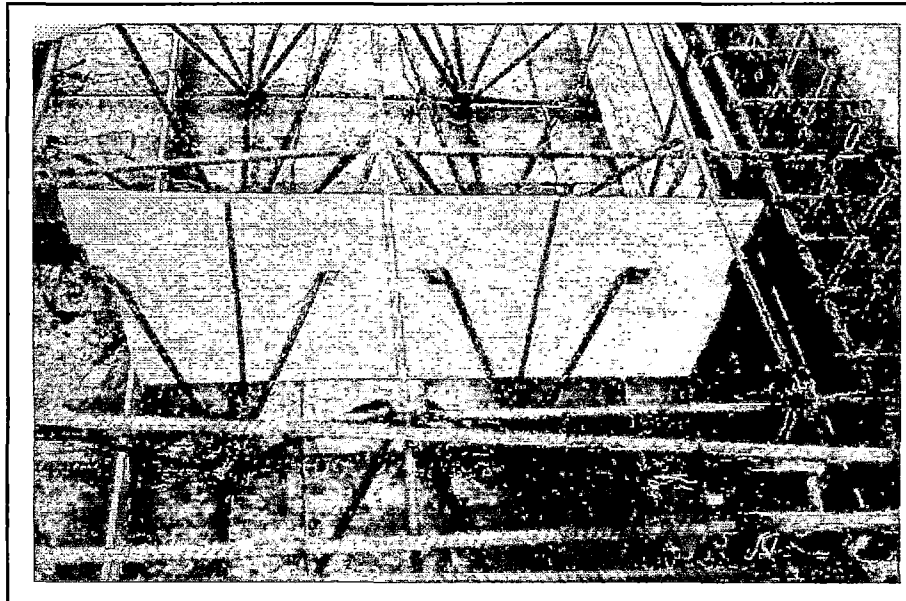




Para el caso de los capiteles, se trabaja de manera similar, colocando las tablas de madera catahua en dos hileras, entre las diagonales de la tridilosa siguiendo el alineamiento demarcado por la cuadrilla de trazo y replanteo.

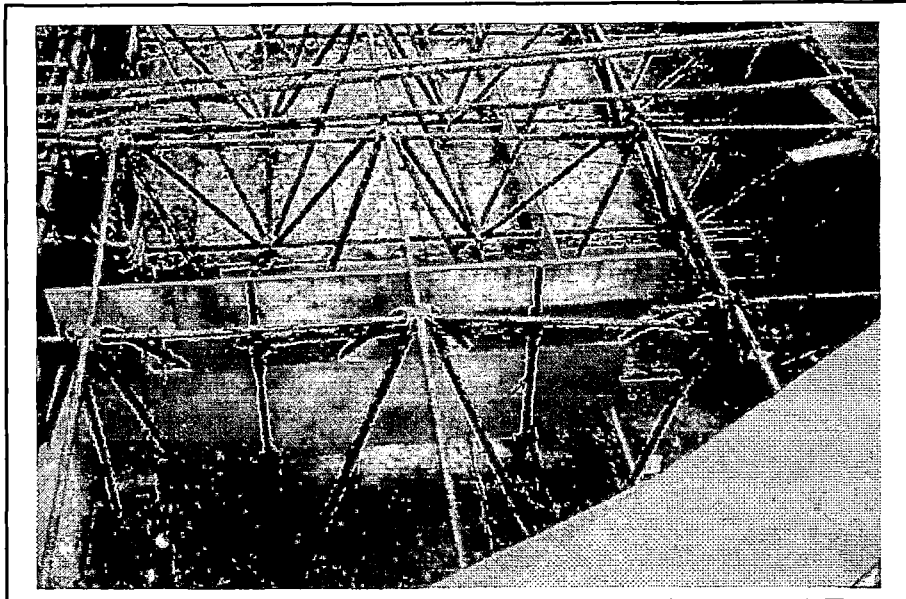
La primera hilera se coloca de arriba hacia abajo y de izquierda a derecha, introduciéndola entre los diagonales de la tridilosa.

La segunda hilera se introduce empleando la misma metodología, y al igual que en el caso anterior los diagonales las pirámides obstaculizan la colocación, es por ello que para poder colocarla, es necesario efectuar cortes en forma de pequeñas ventanas que permitan el paso de los diagonales a través de la segunda hilera, tal como podemos apreciar en la fotografía N°5-2.



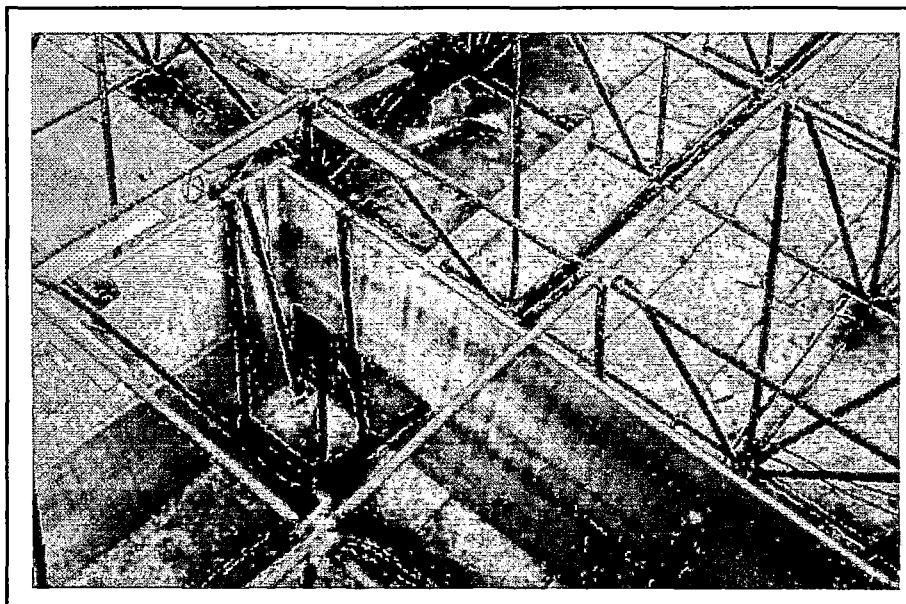
Fotografía N°5-2 Encofrado de madera catahua un capitel

Para atiesar estas tablas y garantizar la verticalidad de las mismas, se empleó pares de varillas de 3/8" de 0.50 m, las cuales se colocan como trabes amarrados por la parte intermedia de los mismos, en la zona de interfase de la primera y segunda hilera (observe la fotografía superior). Asimismo estas varillas se amarran entre sí en la parte inferior, para posteriormente amarrar esta unión con la malla inferior de la tridilosa, tal como se puede apreciar en fotografía N°5-3, vista opuesta de la fotografía N°5-2.



Fotografía N°5-3 Vista opuesta de la fotografía N°5-2

Este procedimiento se repite en cada una de las caras del capitel, hasta cubrir el perímetro del mismo, colocando mayor refuerzo en las esquinas, para lo cual se ubican dos pares de varillas adicionales en las mismas, pero con la salvedad que en esta oportunidad solo se amarran entre si en la parte superior e inferior (fotografía N°5-4).



Fotografía N°5-4 Refuerzo adicional en las esquinas de los capiteles



#### 5.2.1.4.2. Encofrado Perdido de Madera Catahua de la Losa Superior

Para el encofrado de perdido de la losa superior se empleó madera catahua en tablas de 10" x 13' (0.25 x 4.00) y 18 mm de espesor.

Además se requirió la elaboración de listones de madera de 2" x 13' (0.05 x 4.00) y 18 mm de espesor, empleando para ello la sierra circular eléctrica de mesa (fotografía N°5-5).

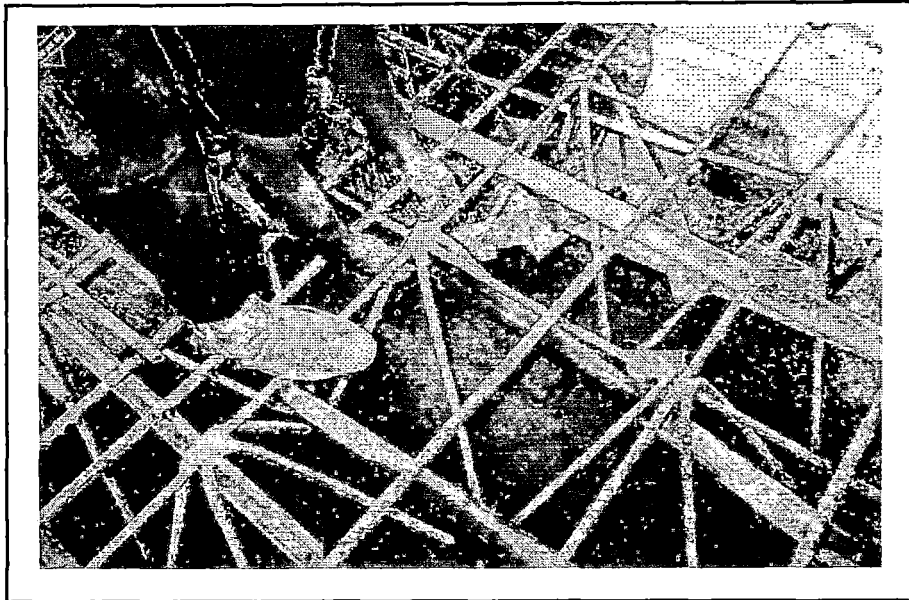


Fotografía N°5-5 Proceso de Elaboración de Listones de Madera Catahua

Como paso siguiente se introdujeron estos listones por debajo de los nudos de la tridilosa, siguiendo la orientación del eje de mayor luz de la losa superior.

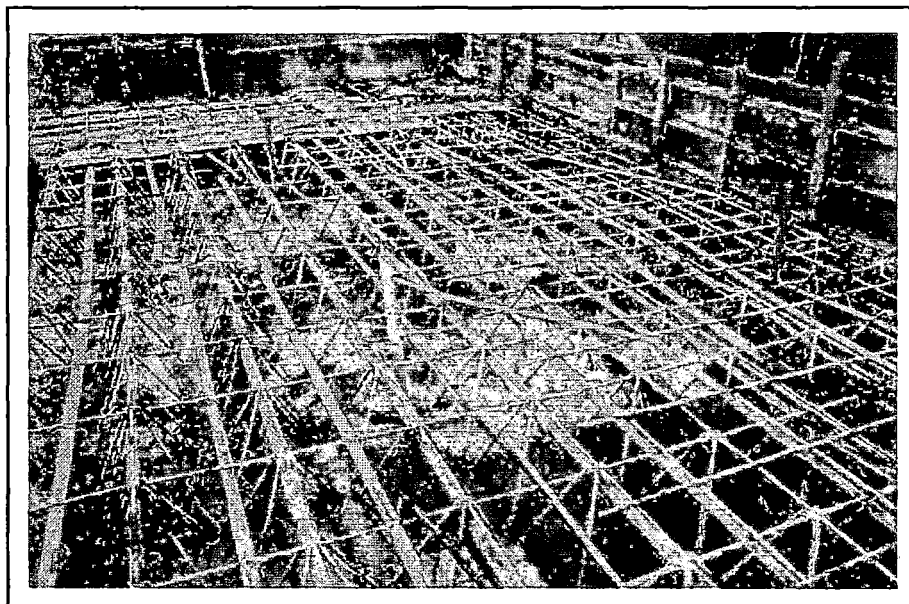
Luego se amarraron estos listones a cada nudo empleando para ello el tortol y alambre negro # 16.

Asimismo se colocaron listones en el punto medio de los cuadrados de malla superior, siguiendo la orientación de eje de mayor luz, asegurándolos con alambre negro # 16 al igual que en el caso anterior (fotografía N°5-6)



Fotografía N°5-6 Proceso de colocación de los Listones

Ambos procesos se repiten hasta que la totalidad de la malla superior se encuentre cubierta por listones espaciados cada 0.25 m, tal como se aprecia en la fotografía N°5-7.



Fotografía N°5-6 Listones de madera catahua colocados cada 0.25 m



Luego se realizó al trenzado de las tablas de madera catahua de 10" x 13', en la dirección perpendicular a los listones anteriormente colocados, debo resaltar que las planchas antes de ser colocadas son cortadas cada 0.50 m, tal como se aprecia en la figura N°5-6.

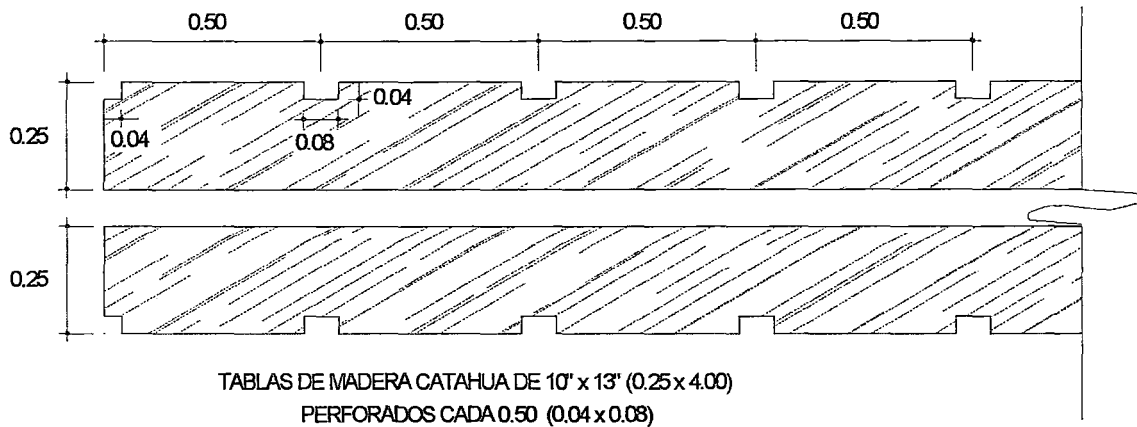
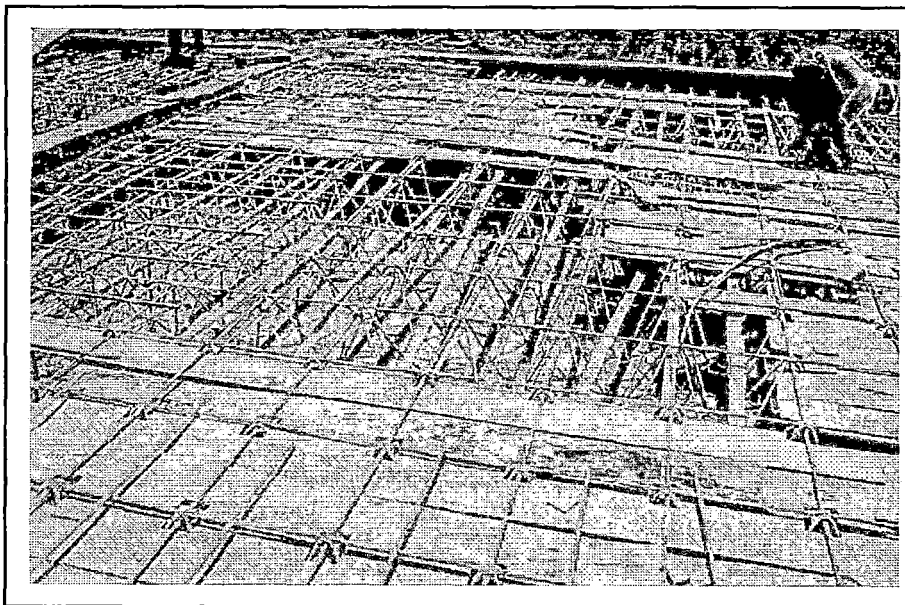


Figura N°5-6 Plancha de madera catahua

El trenzado es muy rápido y fácil tal como se puede apreciar en la fotografía N°5-7 que se muestra a continuación.



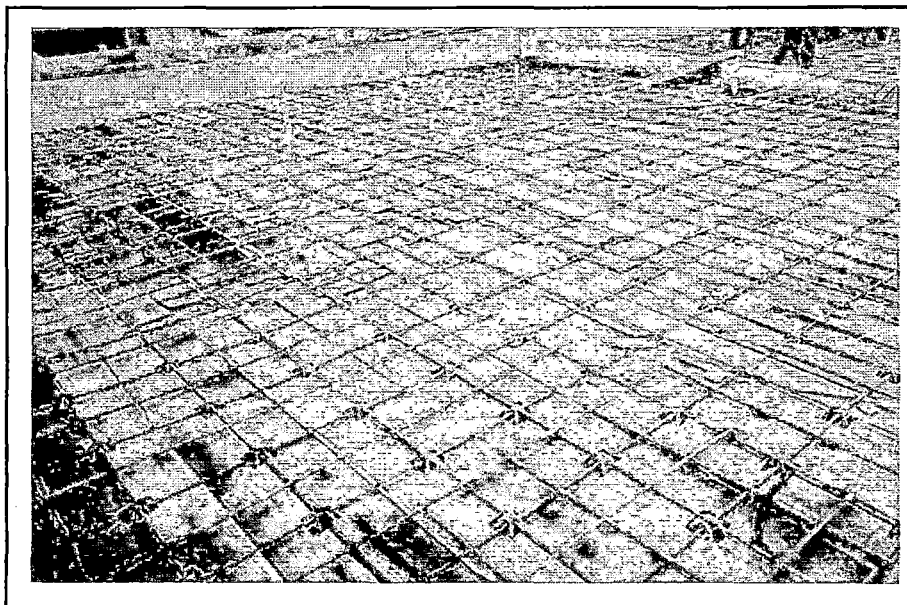
Fotografía N°5-7 Proceso de trenzado de las planchas de madera catahua



El proceso de colocación del encofrado perdido de la losa superior, en general es sumamente veloz, se tiene aproximadamente un rendimiento de 100 m<sup>2</sup>/día, con una cuadrilla compuesta por un operario y dos peones. Sin embargo se debe tener en cuenta tres aspectos importantes:

1. Se debe tener mucho cuidado durante y después de la colocación del encofrado de madera catahua, sobre todo durante el desplazamiento del personal sobre la tridilosa, puesto que basta que uno pise, una tabla para que esta se quiebre y sea necesario el cambio de toda la tabla (4.00 m) y uno o varios listones que la sostienen.
2. Una vez listo todo el encofrado superior, se debe verificar la adecuada ubicación de las tablas con respecto a la malla superior, en caso de encontrar alguna fuera de posición deberá ser alineada y ajustada inmediatamente.
3. Si en alguna los tablas, específicamente en la zona de los nudos apreciamos que los orificios de estas son excesivamente grandes, debemos colocar tacos de madera que cubran este defecto.

Finalmente una vez realizado todo lo anteriormente descrito se tendrá una superficie continua de encofrado, lista para iniciar el vaciado de concreto (fotografía N°5-8).



Fotografía N°5-8 Superficie lista para el vaciado de concreto



### 5.2.2. Encofrados de Madera de la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX SA

Como ya mencionamos anteriormente existen dos tipos de encofrado según la ubicación del concreto con respecto a la madera, el primer tipo, el encofrado de "contacto", donde la madera esta directamente en contacto con el concreto fresco, el segundo, el encofrado de "soporte", tal como su propio nombre lo indica, tiene que soportar el peso de todo el encofrado (madera o metal), el concreto y los esfuerzos de trabajo.

En esta sección nos referiremos a este segundo tipo de encofrado, puesto que para poder colocar el encofrado de la losa inferior, primero se colocan los andamios metálicos dispuestos a lo largo y ancho de la zona de trabajo, alcanzando una altura máxima de 4.00 m, y dado que el proyecto especifica una altura de 4.60 m, se torna indispensable colocar una estructura adicional de madera sobre estos para alcanzar la altura proyectada.

El proceso de distribución, colocación y armado de los andamios metálicos se encuentra detallado en el ítem 5.3.2.1.

A continuación, daremos ciertas pautas especiales, a modo de descripción que se tenían en cuenta en la obra, durante el proceso constructivo del encofrado de madera de la losa inferior, así como esquemas ilustrativos de dicho proceso.

El trabajo se inició una vez colocados todos los andamios en la zona de trabajo, luego la cuadrilla de encofrado, procedió a colocar las soleras inferiores de 4" x 4" de 4.00 m de longitud a lo largo del eje # 1 (figura N°5-7), colocando la primera solera inferior sobre el primer y segundo andamio, amarrándola a estos con alambre negro # 8 y tortol.

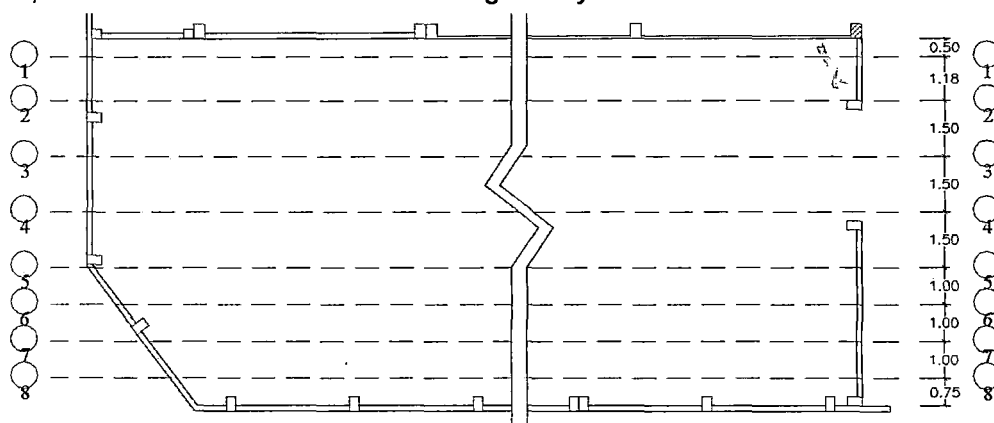


Figura N°5-7 Distribución de los ejes del encofrado de madera



Luego se colocó la segunda solera, sobre la primera tal como se puede apreciar en la figura N°5-8.

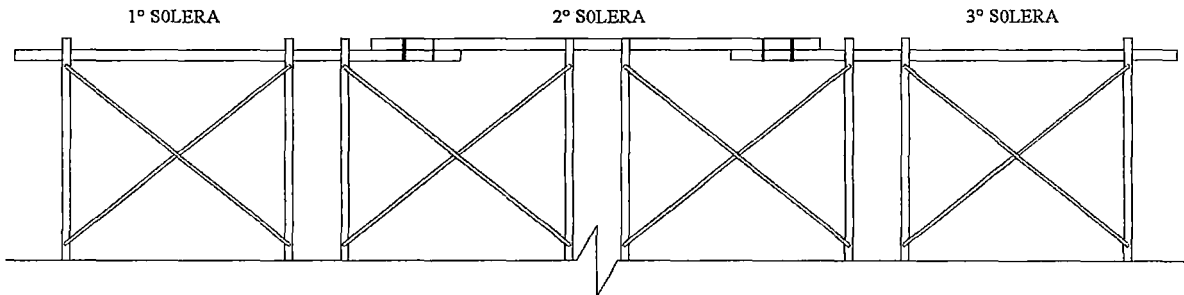


Figura N°5-8 Distribución de las soleras inferiores

Posteriormente se colocó la tercera solera por debajo de la segunda (vea figura N°5-8). En ambos casos las soleras tienen un traslape de 0.80 m, entre sí y se encuentran aseguradas con alambre negro #8 y clavos de 3" colocados en diagonal, tal como se aprecia en el detalle de unión. Este proceso se repitió a lo largo de todo el eje # 1, hasta obtener una línea continua de soleras.

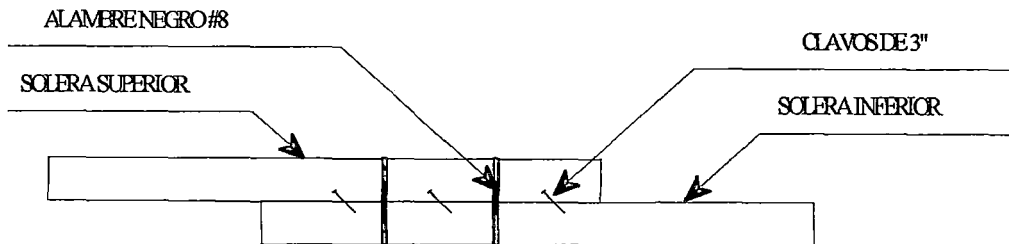
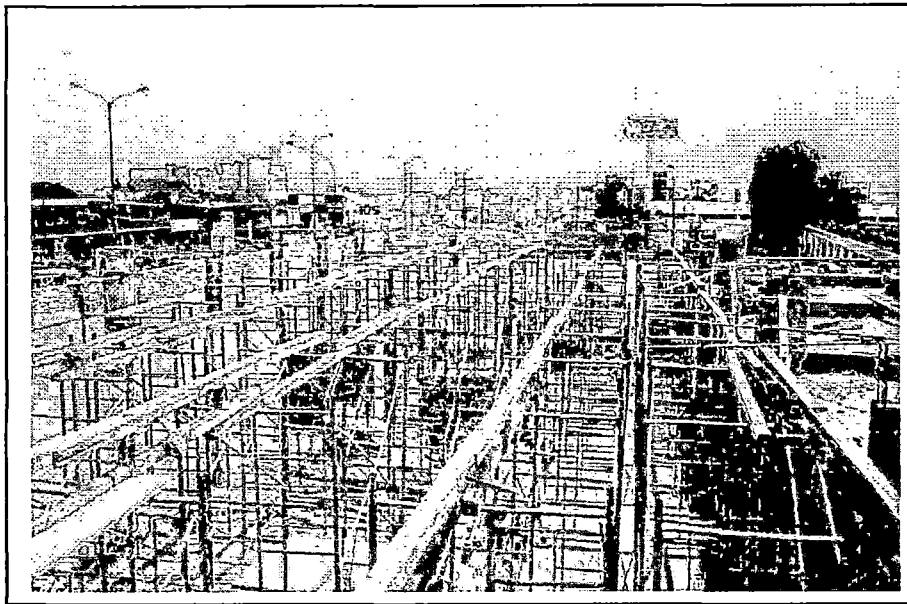


Figura N°5-9 Detalle de unión de las soleras inferiores

A continuación la cuadrilla de encofrado reitera el todo el proceso y coloca el resto de soleras inferiores en los ejes 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8, tal como se puede apreciar en la fotografía N°5.9.





Fotografía N°5-9 Distribución de las soleras inferiores

Luego se colocan las soleras superiores del eje # 1, iniciando su disposición de izquierda a derecha, pero con la salvedad de que en esta oportunidad estas soleras superiores se colocan de manera continua uniéndolas a tope y no con traslape, como en el caso anterior.

Esto se debe a que estas deben formar una línea continua, sobre la cual se colocará las planchas de encofrado metálico y por ende no deben existir discontinuidades, por lo tanto para garantizar una buena unión es necesario colocar soleras de amarre adicionales de 2" x 4" de 1.00 m de longitud, de modo tal que exista una longitud de unión de 0.50 m en ambos lados.

Si prestamos atención a la figura N°5-10 que se muestra a continuación apreciaremos que entre las soleras superiores e inferiores existen tacos de madera de 4" x 4" cada 1.50 m.

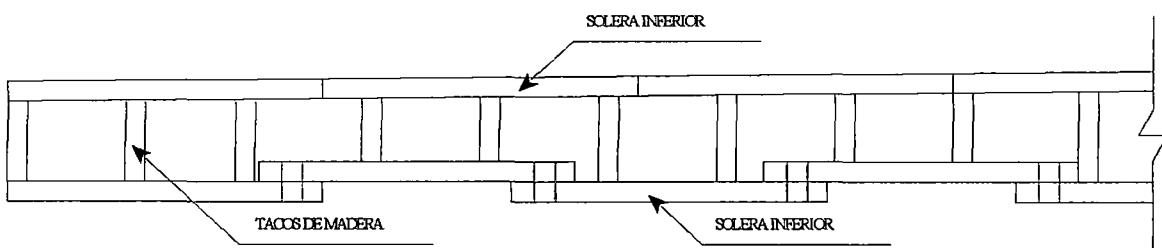


Figura N°5-10 Soleras Inferiores, superiores y tacos de madera



El uso de estos tacos persigue dos objetivos: primero, proveer la altura necesaria al encofrado de madera para alcanzar los 0.60 m adicionales que faltan, segundo, lograr una contraflecha adecuada de la tridilosa, la cual para nuestro caso particular es 0.06 m, en la dirección del eje de mayor luz.

Para colocar los soleras superiores y los tacos de modo tal que se obtenga la contraflecha adecuada, se colocan 3 puntales verticales de 3" x 3", dos en los extremos y uno en el centro de luz.

Luego en los puntales extremos se mide ascendentemente 0.55 m desde la base de la solera inferior, colocando en esta posición un clavo guía (en ambos extremos), posteriormente se repite el proceso pero esta vez en el puntal ubicado en el centro de luz, empleando para este caso una medida de 0.61 m desde la base de la solera inferior.

A continuación utilizando cordel se unen estos tres puntales de manera continua, generándose así la línea guía de las soleras superiores a fin de que estas posean la contraflecha adecuada.

Concluido el proceso de colocación del encofrado a lo largo de eje # 1 se tiene una estructura de madera, como la mostrada en el esquema de la página anterior.

Posteriormente la cuadrilla de encofrado repite este proceso en los ejes 2, 3, 4, 5, 6, 7 y 8 respectivamente. Luego se colocan las planchas metálicas sobre las estructuras de madera anteriormente construidas. La forma de distribución y colocación de estas planchas se detallan en el ítem 5.3.2.2.

Una vez colocadas todas las planchas metálicas sobre las estructuras de madera, la cuadrilla de encofrado, inicia la colocación de las estructuras de madera adicionales, similares a las anteriormente descritas, ubicadas entre los ejes 1, 2, 3, 4, y 5 respectivamente, dicho proceso se realiza por debajo de las planchas, es un más lento que el caso anterior sin embargo con respecto al avance total de la obra es bastante beneficioso, puesto que al contarse con las planchas metálicas, que forman parte del encofrado de la losa inferior dispuestas en su ubicación final, se puede iniciar la colocación del acero de la tridilosa, realizándose de esta manera dos tareas en paralelo, y no tener que esperar que el encofrado este terminado al 100 % para iniciar la colocación del acero.



### 5.2.3. Los Clavos de Madera:

Los clavos de madera constituyen un elemento básico en las uniones de las diferentes piezas de encofrado, deberán tener una longitud adecuada, para que no traspase el espesor de la madera posterior y además ofrezca la resistencia necesaria para asegurar la inmovilización en la unión de las piezas en trabajo, es por eso el uso de clavos de diferentes medidas: 2", 2 1/2", 3", 4" y en situaciones especiales 6".

Para el clavado también debe usarse el criterio de un fácil desarme de las piezas del encofrado, por ello ciertas normas usadas las daremos gráficamente en la figura N°5-11.

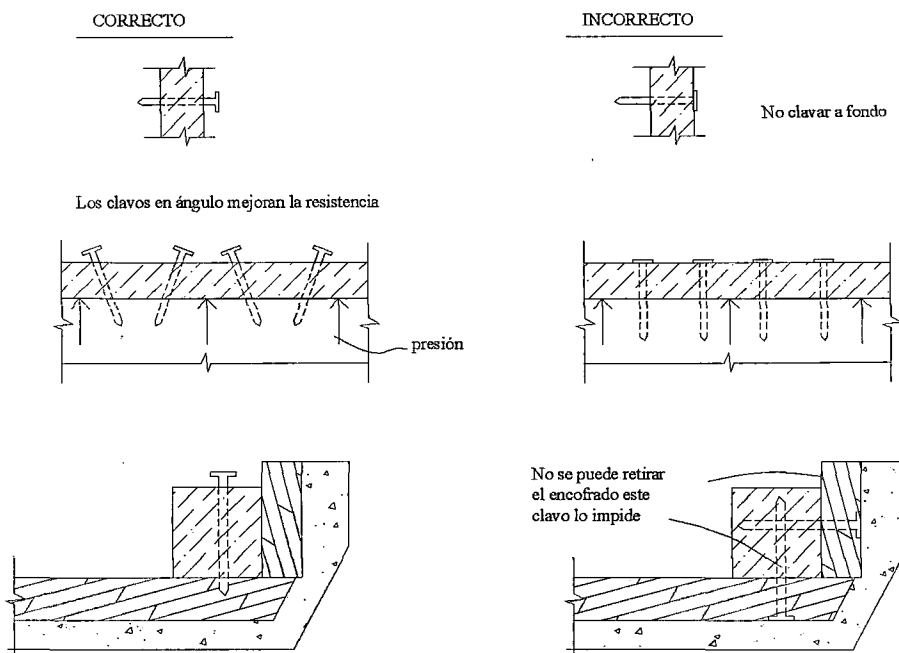


Figura N°5-11 Normas gráficas para clavar



### **5.3. Encofrado Metálico**

---

El encofrado metálico, al igual que el encofrado de madera, tiene como función contener y dar forma al concreto hasta su endurecimiento. Sin embargo a diferencia de la madera, la cual se compra para habilitarla y luego emplearla, el encofrado metálico se alquila con las medidas exactas del elemento que va a soportar, para ello cada sistema posee diversas piezas intercambiables e interconectadas entre sí, que se ajustan a diversas formas y diseños.

Este tipo de encofrado también puede comprarse, aunque generalmente resulta más económico alquilarlo si se utiliza una sola vez, puesto que su costo unitario es elevado, además que para poder contar con un juego de encofrado versátil, es necesario poseer con un stock de piezas de variado, lo que demanda contar con un almacén para guardar dichos elementos cuando no son utilizados.

En nuestro país existen tres sistemas de encofrado metálico, cada uno con ventajas y desventajas comparativas entre sí, el más antiguo es el sistema ACROW, de patente Inglesa, el segundo es el sistema EFCO, de patente Estadounidense, y el ultimo es el sistema UNI-SPAN, de patente Sudafricana.



Tal vez la principal ventaja que presenta este tipo de encofrado con respecto al de madera, sea sus infinitos usos, ya que con un mantenimiento adecuado se el puede emplear una y otra vez, a diferencia de la madera, que a lo más permite 5 usos en buenas condiciones.

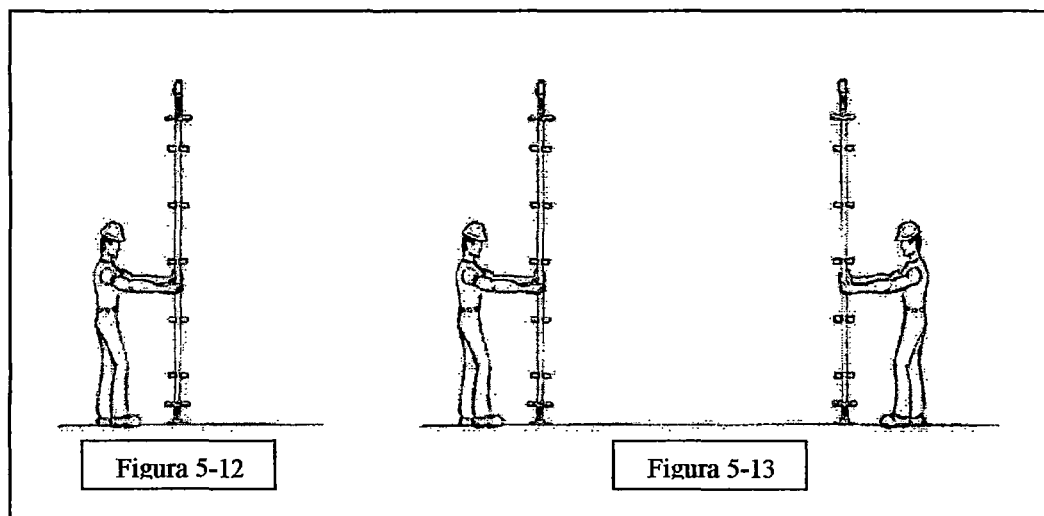
### 5.3.1. Encofrado Metálico de la Obra Comedores del Congreso de la República

Por recomendación del proyectista se empleó el sistema de encofrado metálico UNI-SPAN, para dar soporte a la tridilosa, durante el proceso constructivo.

La colocación de este encofrado se inició luego que el falso piso se encontraba endurecido. El armado del mismo se realizó siguiendo las indicaciones del plano de encofrado metálico elaborado por la sección de ingeniería de UNI-SPAN (vea plano EN-1 "Encofrado de Tridilosa").

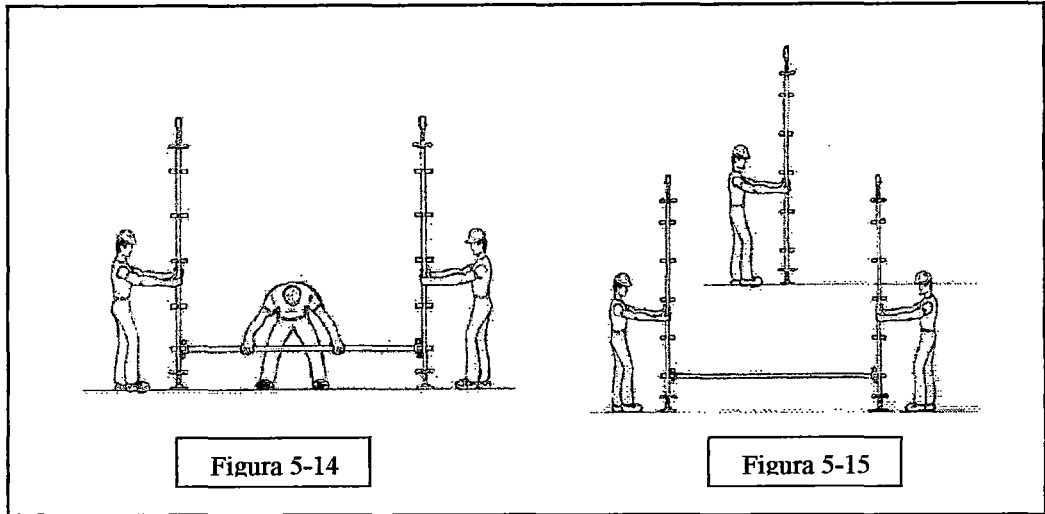
El primer paso fue unir las "Gatas Base" a cada uno de los "Puntales Telescópicos", luego siguiendo las líneas guías trazadas sobre el falso piso (en donde se indica la ubicación de los puntales), se colocan estos perpendicularmente al falso piso, para esta tarea se emplearon 4 peones y un operario, trabajando de la siguiente manera:

- ◆ Primero un peón se ubica en la intersección de dos ejes trazados con un "Puntal" (figura N°5-12)
- ◆ Luego otro peón se ubica con otro puntal, a 1.50 m de distancia del primer peón (figura N°5-13)

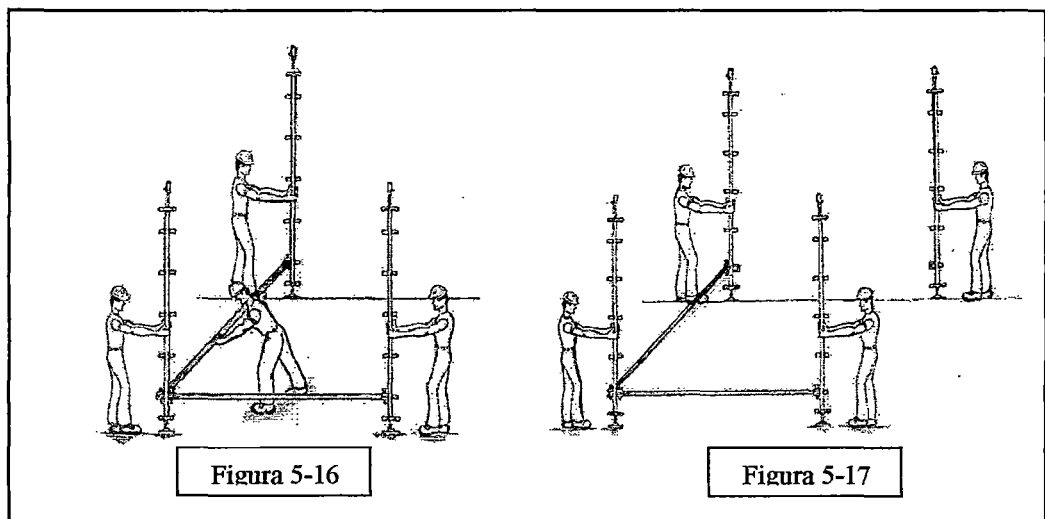




- ◆ Posteriormente el operario une ambos puntales con un travesaño de 1.50 m, en la parte inferior de los mismos (figura N°5-14)



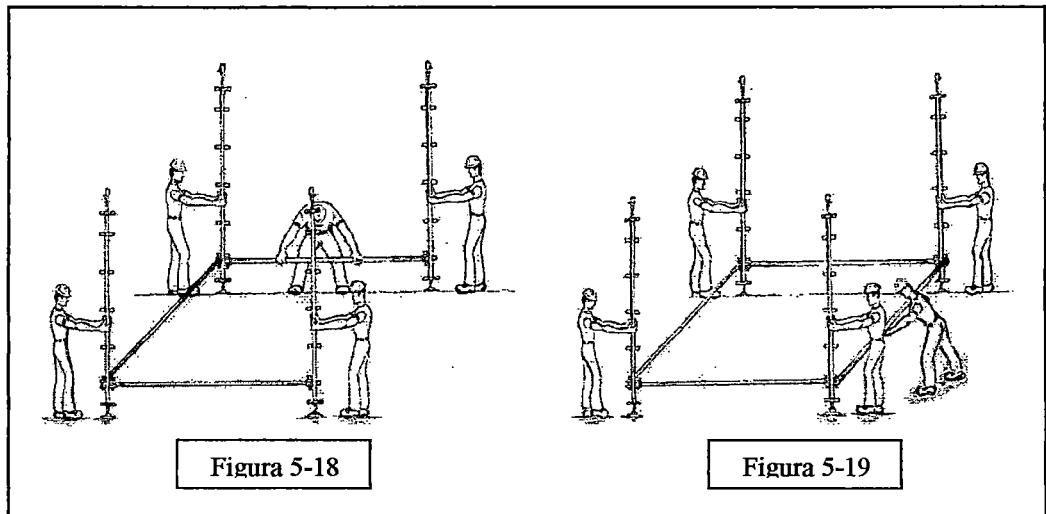
- ◆ A continuación en la proyección perpendicular, a la línea formada por ambos puntales, partiendo el primer puntal, se ubica otro peón a 1.50 m con puntal (figura N°5-15)
- ◆ Nuevamente el operario une el primer y tercer puntal con un travesaño (figura N°5-16)
- ◆ Luego se repite la penúltima acción pero en la perpendicular del segundo puntal (figura N°5-17)



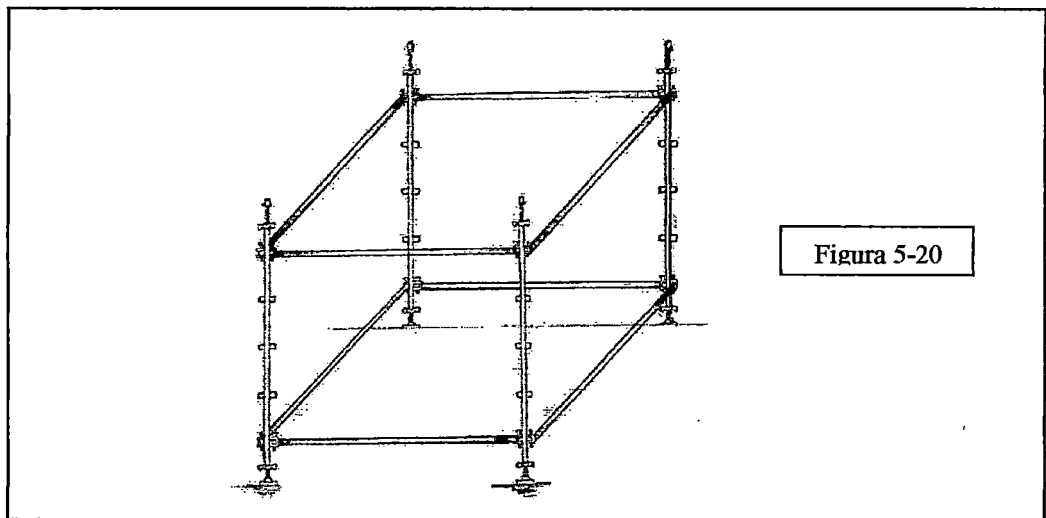
- ◆ Nuevamente el operario une el tercer y cuarto puntal con un travesaño (figura N°5-18)



- ◆ Asimismo este une el segundo y cuarto puntal con otro travesaño (figura N°5-19)



- ◆ Luego dos peones apoyados en dos travesaños inferiores adyacentes, colocan los travesaños superiores al rededor del perímetro de los puntales logrando la siguiente estructura (figura N°5-20)



El proceso anteriormente descrito se repite a lo largo y ancho de toda la futura ubicación de la tridilosa, siguiendo las indicaciones del plano de encofrado proporcionado por la sección de ingeniería de UNI-SPAN, tal como lo indicamos anteriormente, prestando suma atención en la correcta ubicación de los travesaños, puesto que no todos tienen la misma dimensión, y cada una de las piezas posee una única y exclusiva ubicación dentro de la estructura de encofrado metálico.

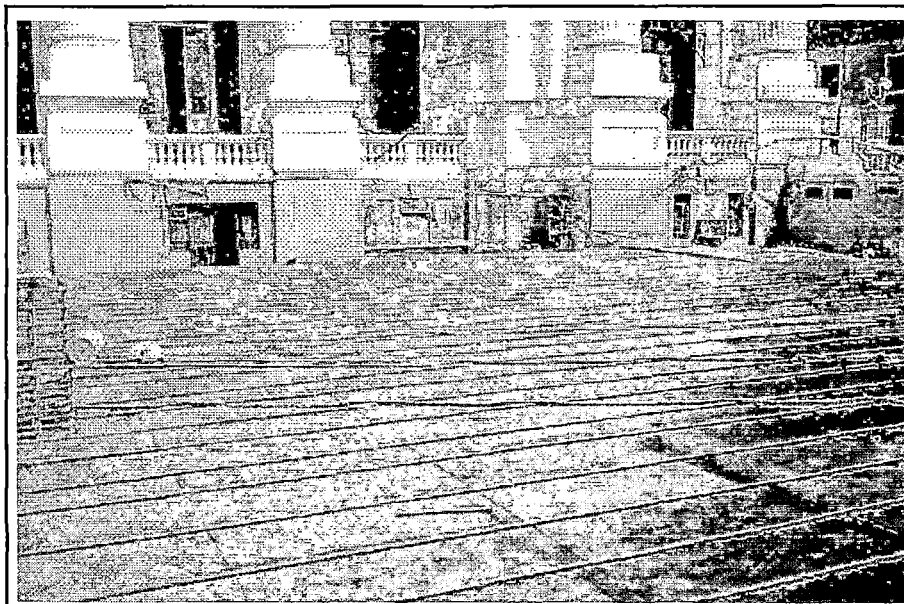


Cualquier descoordinación en la ubicación de las piezas conlleva a discrepancias y errores notorios, que aunque son fáciles de corregir, conllevan pérdidas de tiempo innecesarios.

Concluida la correcta colocación de todos los puntales, travesaños y tubos de andamio, se procede a colocar las "Gatas de Cabeza Doble", "Gata de Cabeza U" y "Gata de Cabeza J", en la parte superior de los puntales UNI, siguiendo las indicaciones del plano respectivo.

Posteriormente se inicia la colocación de las "Vigas Kwikstrip" y los "Canales C" sobre las "Gatas de Cabeza".

Finalmente se colocan las planchas de metal de 1200 x 600 mm, 700 x 600 mm, 900 x 900 mm, etc., en sus respectivas ubicaciones, asegurándolas con las cuñas y soportes respectivos (fotografía N°5-10).



Fotografía N°5-10 Encofrado metálico sistema UNISPAN

De este modo se cuenta con una superficie continua, lista para iniciar la colocación de la armadura de la tridilosa.





### 5.3.2. Encofrado Metálico de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.

#### 5.3.2.1. Andamios Metálicos

En esta oportunidad para dar soporte a la losa inferior de la tridilosa se emplearon andamios metálicos (figura N°5-21), con las siguientes características:

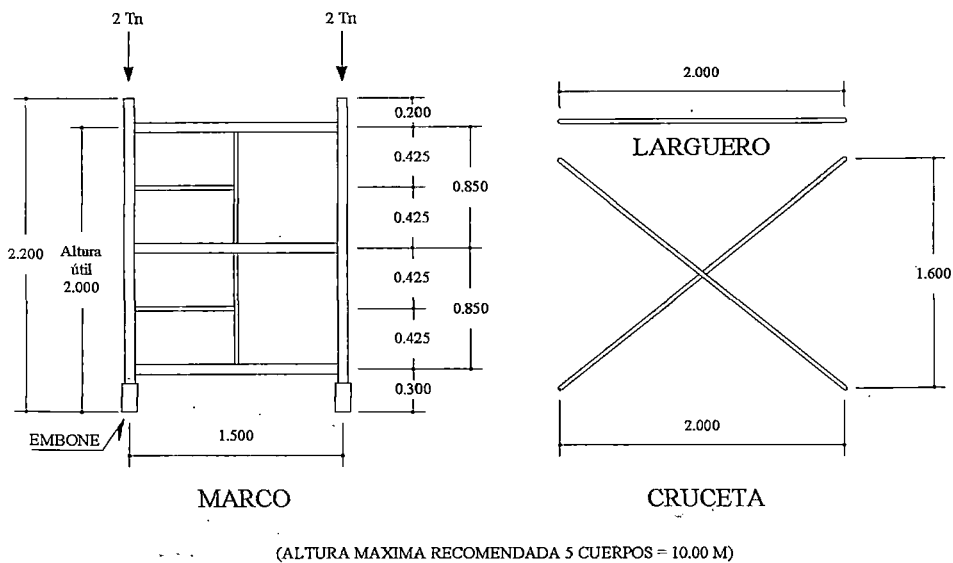


Figura N°5-21 Andamios Metálicos

Sin embargo de acuerdo a las especificaciones técnicas de los andamios, estos deben ser utilizados en labores donde la altura de trabajo sea superior a la altura de una persona promedio, por ejemplo: pintura de exteriores, resane del cielo raso, colocación de ladrillos en cercos, etc. y no para soportar cargas verticales, tal como en este caso, es por ello que a continuación procedo a verificar los esfuerzos a los cuales está sometido.

De acuerdo al plano de distribución de los andamios (plano EN1-1) tenemos un área tributaria por andamio de 2.50 x 1.90 tal como se puede apreciar en la figura N°5-22.



Figura N°5-22 Área tributaria por andamio metálico

Realizando el metrado de cargas por m<sup>2</sup> tenemos:

$$\begin{aligned} \text{Losa superior} &= (1.00 \times 1.00 \times 0.07) \times 2.4 = 0.168 \text{ Ton} \\ \text{Armadura} &= 17.80 \text{ ml} \times 2.24 \text{ kg/ml} = 0.039 \text{ Ton} \\ \text{Encofrado Metálico} &= (1.00 \times 1.00) \times 0.010 \text{ T/m}^2 = 0.010 \text{ Ton} \end{aligned}$$

$$\text{W}_D = 0.217 \text{ Ton}$$

$$\text{W}_L = 0.250 \text{ Ton (según diseño)}$$

$$\text{W}_U = 1.4 \text{ W}_D + 1.7 \text{ W}_L = 0.728 \text{ T/m}^2$$

Si el área tributaria que soporta cada una de las barras verticales del andamio es  $1.25 \times 0.95 = 1.19 \text{ m}^2$  tendremos que el peso que soporta cada una de estas es 0.87 Ton.

De acuerdo a las especificaciones técnicas, la carga vertical máxima por barra es 2.00 Ton, y si contamos únicamente con 0.87 Ton, tendremos la plena seguridad que al usar andamios como soporte de la tridilosa no vamos a correr peligro alguno.

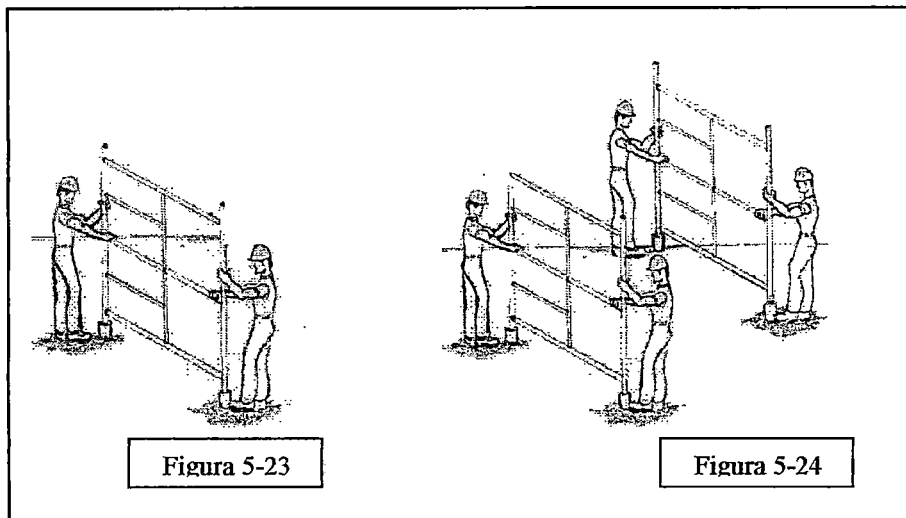
Retomando el proceso constructivo, la colocación de los andamios se realizó sobre el piso de cemento pulido y bruñado, de esta nueva etapa de la planta industrial.



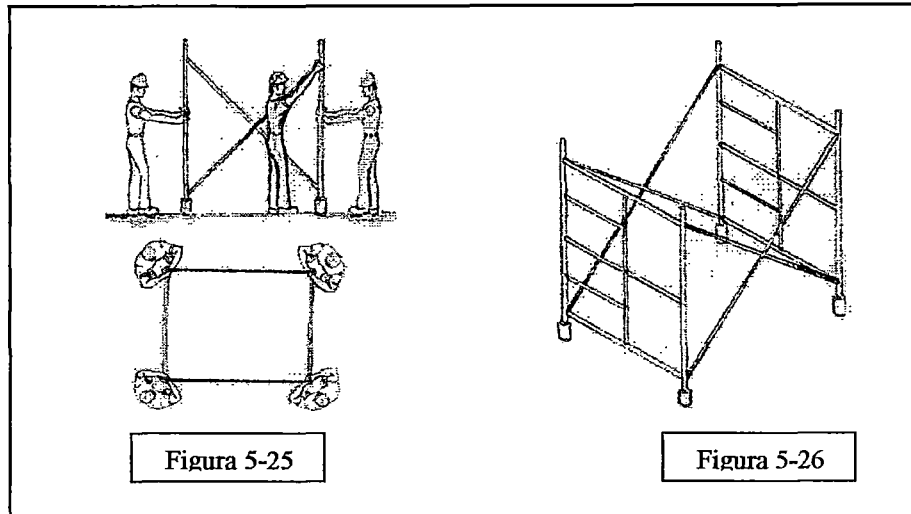
La ubicación de cada uno de los andamios se realizó siguiendo las indicaciones del plano de distribución de andamios elaborado por el ingeniero residente.

El trabajo se inició con el trazo de la ubicación del primer par de andamios, luego se colocaron estos perpendicularmente al falso piso, empleando para esta tarea 4 peones y un operario, trabajando de la siguiente manera:

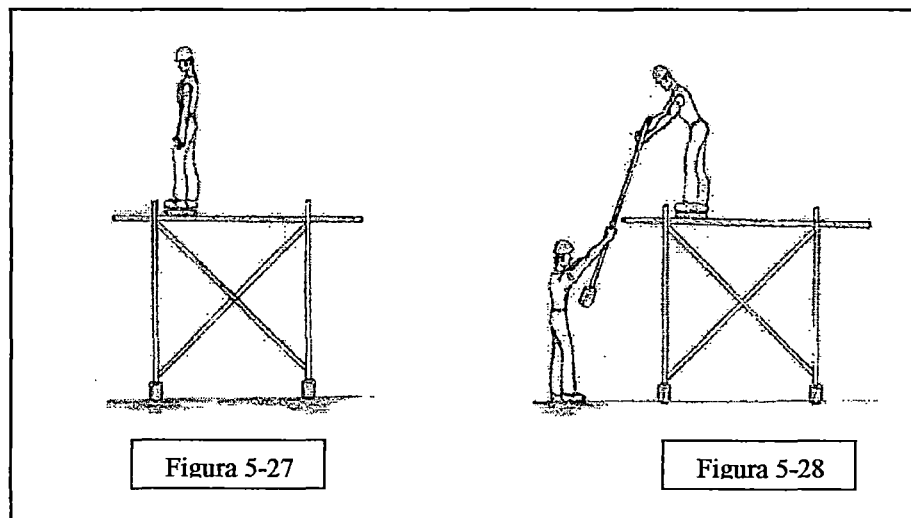
- ◆ Un par de peones se ubica sobre el trazo realizado anteriormente, colocando verticalmente uno los marcos que forman parte del andamio (figura N°5-23).
- ◆ Luego otro par de peones se ubica a 2.00 m, de los primeros colocando otro marco verticalmente (figura N°5-24).



- ◆ Posteriormente el operario une ambos marcos con una cruceta, partiendo de empalme superior de uno de los marcos, para continuar con el empalme inferior del mismo y repetir dicho proceso con el marco opuesto (figura N°5-25).
- ◆ A continuación el operario repite todo el paso anteriormente descrito, en el eje que no se encuentra atiesado, logrando así una estructura metálica firme y segura (figura N°5-26).

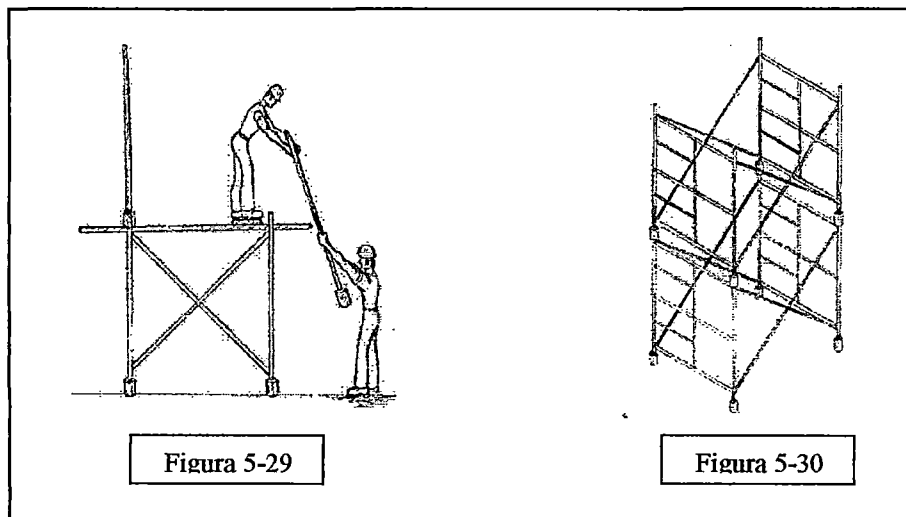


- ◆ Luego se coloca sobre la barra superior de cada marco un par de tablas de 2" x 10" (0.05 x 0.25) de 3.00 m de longitud y una de 2" x 10" de 2.00 m sobre las anteriores perpendicularmente, para que dos peones se puedan parar y mover con comodidad sobre estas (figura N°5-27).
- ◆ Como paso siguiente un par de peones levantan un marco hasta entregarlo al par de peones que se encuentran sobre las tablas, para que ambos unan los embones del marco superior al marco inferior (figura N°5-28).





- ◆ Posteriormente se traslada la tabla perpendicular al primer de tablas al lado de marco opuesto y se coloca el otro marco superior (figura N°5-29).
- ◆ Finalmente se coloca una cruceta en cada una de las caras del marco superior, al igual que en el caso de los inferiores, lográndose así la estructura que se aprecia en la figura N°5-30.

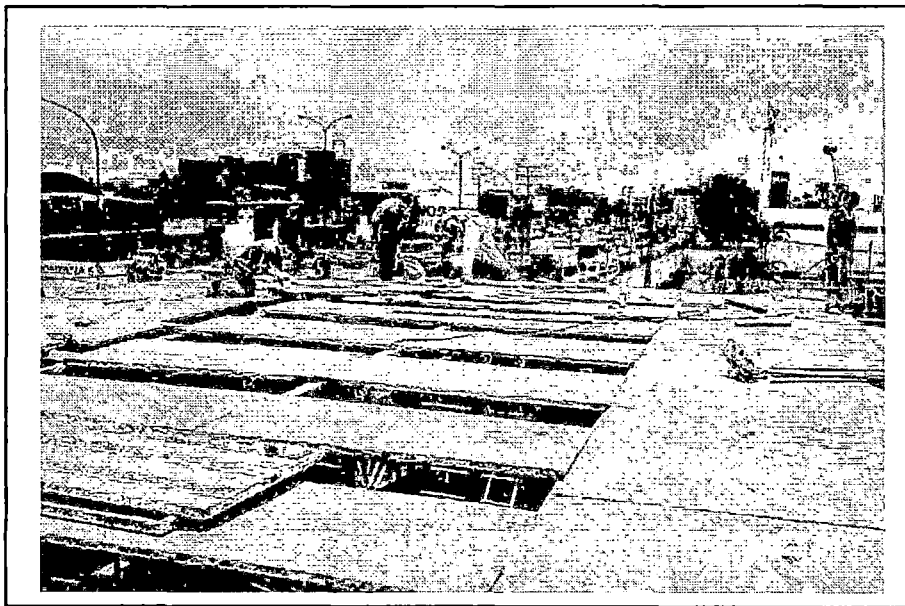


El proceso anteriormente descrito se repite a lo largo y ancho de la futura ubicación de la tridimensional, siguiendo el plano de distribución de los andamios, tal como indicamos anteriormente, prestando suma atención en el alineamiento y espaciamiento del mismo, ya que de ello depende la distribución de la estructura de madera adicional y la distribución de las planchas.



### 5.3.2.2. Planchas Metálicas

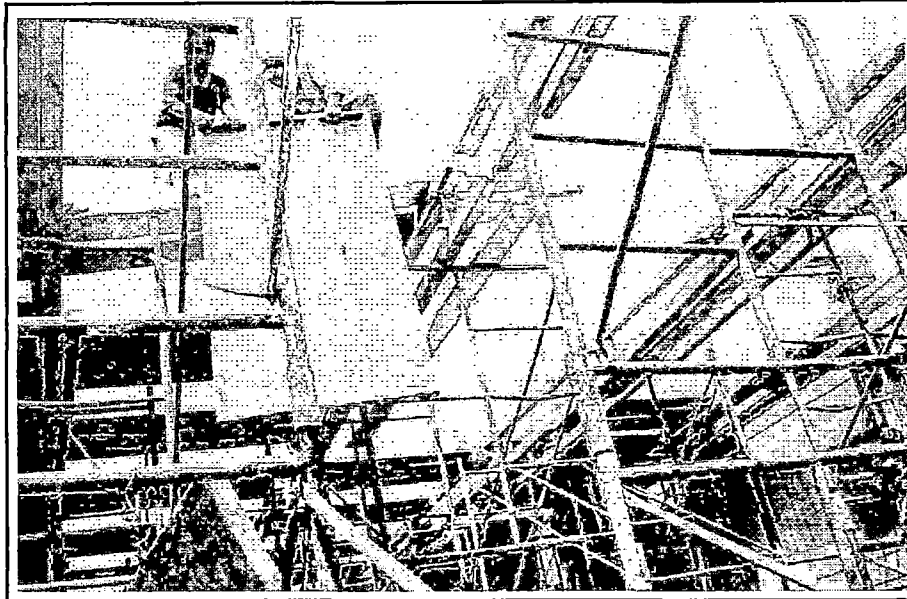
Concluida la colocación y distribución de los andamios, se procedió a colocar la estructura de madera adicional, siguiendo las indicaciones descritas en el ítem 5.2.2., luego de lo cual se procede a colocar las planchas metálicas de 2.25 x 1.50 m<sup>2</sup> siguiendo el plano de distribución de las planchas metálicas, elaborado por el autor de este documento en coordinación con el ingeniero residente (plano EN1-1). A fin de optimizar la cantidad de planchas, puesto que en la zona central del encofrado se dejan ventanas (vea la fotografía N°5-11), con la finalidad de que se puedan desmontar por allí las planchetas metálicas que dan soporte a la losa superior, sin tener que esperar que la losa inferior sea desencofrada totalmente.



Fotografía N°5-11 Planchas metálicas

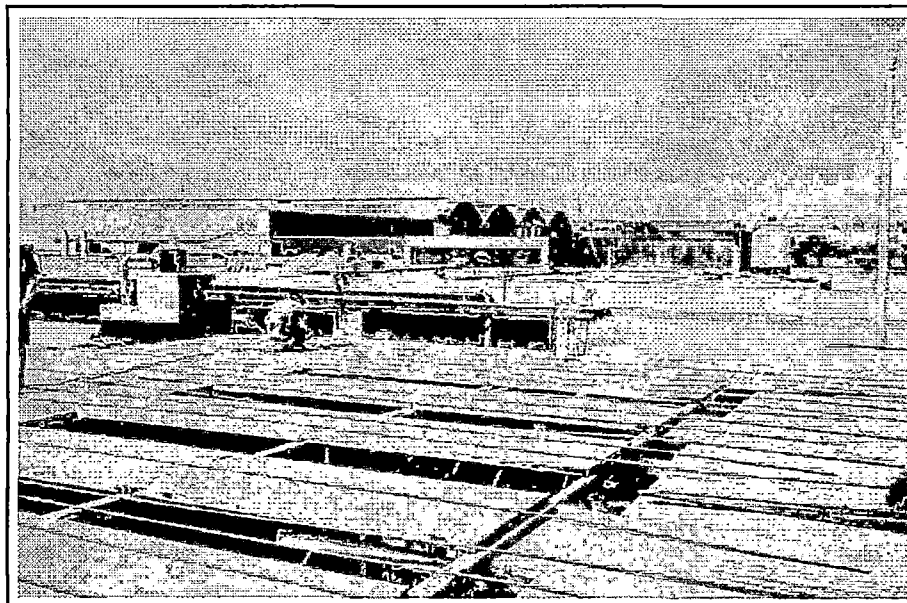
Para la colocación de cada una de las planchas se emplearon 4 peones, trabajando de la siguiente manera:

- ◆ Primero un par de peones levanta una plancha hasta que otro par de peones que se encuentran ubicados sobre el tabladillo colocando sobre el andamio superior, cogen y levantan la plancha (fotografía N°5-12).



Fotografía N°5-12 Proceso de colocación de las planchas metálicas

- ◆ Luego ambos peones colocan la plancha según el plano de distribución de estas sobre un par de ejes de la estructura de madera (fotografía N°5-13).



Fotografía N°5-13 Distribución de las planchas metálicas

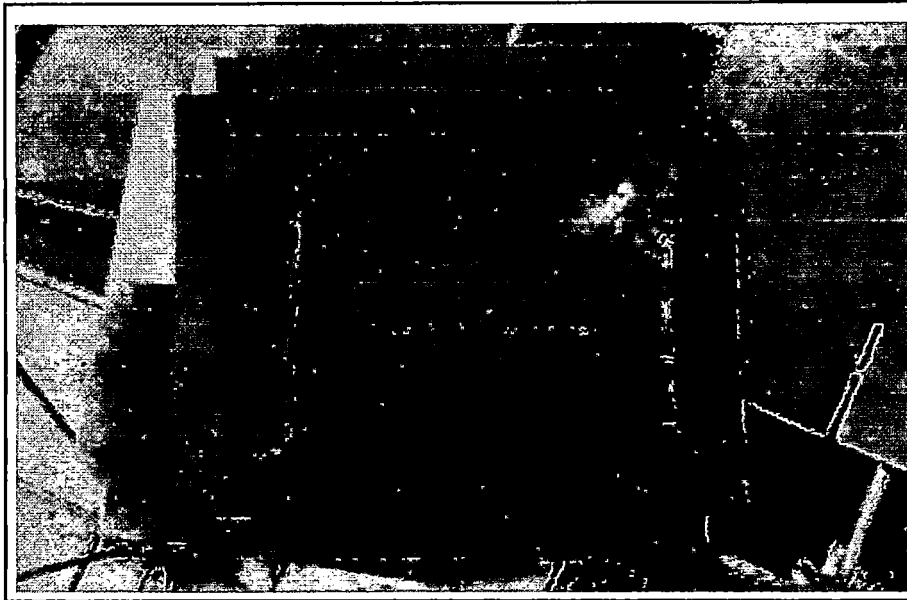


- ◆ Posteriormente empleando clavos de 3", se clavan las planchas a la estructura de madera.

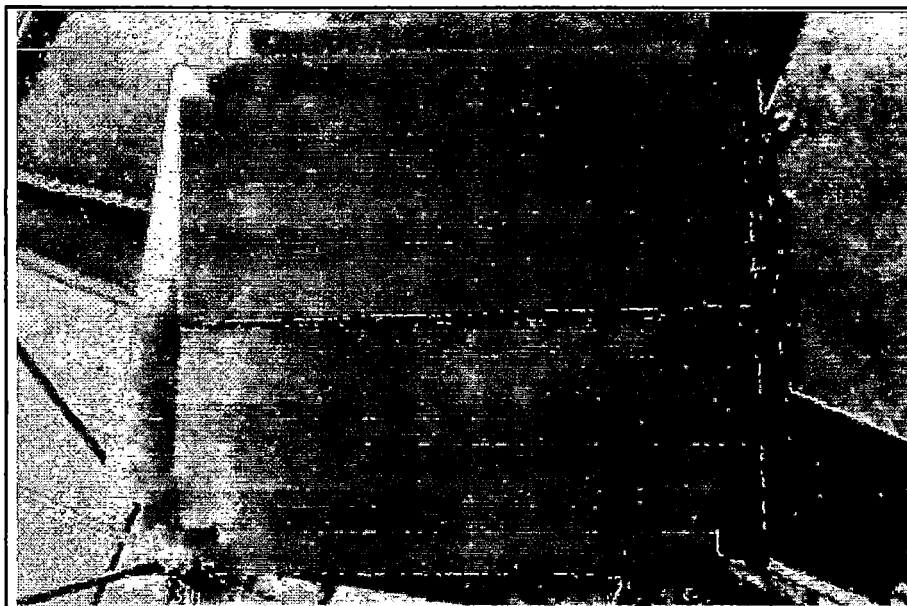
Concluyendo de este modo con la colocación de una plancha, repitiendo este proceso hasta que se cubra la totalidad de la superficie inferior que soporta a la tridilosa, y se tenga una superficie como la que se muestra en la página anterior.



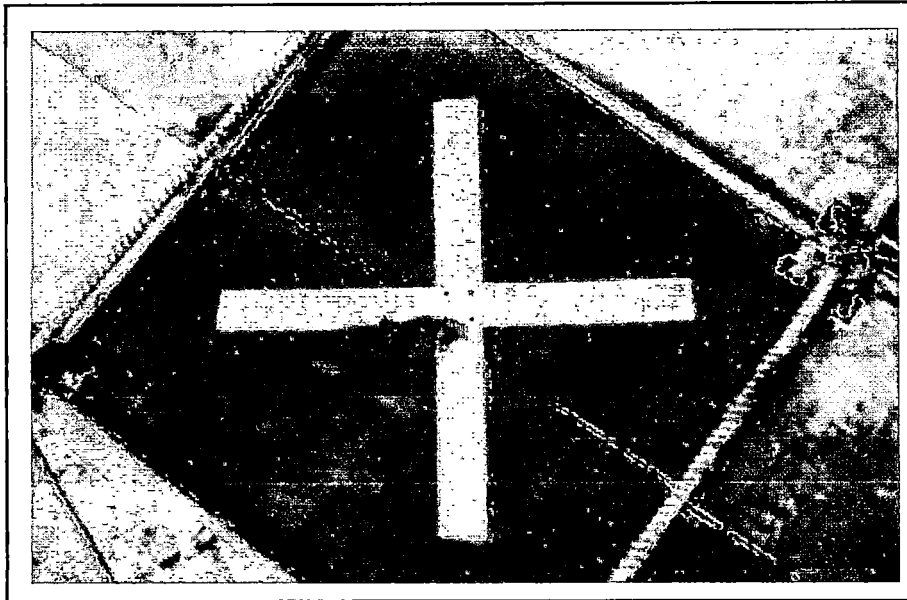




Fotografía N°5-13 Plancheta metálica

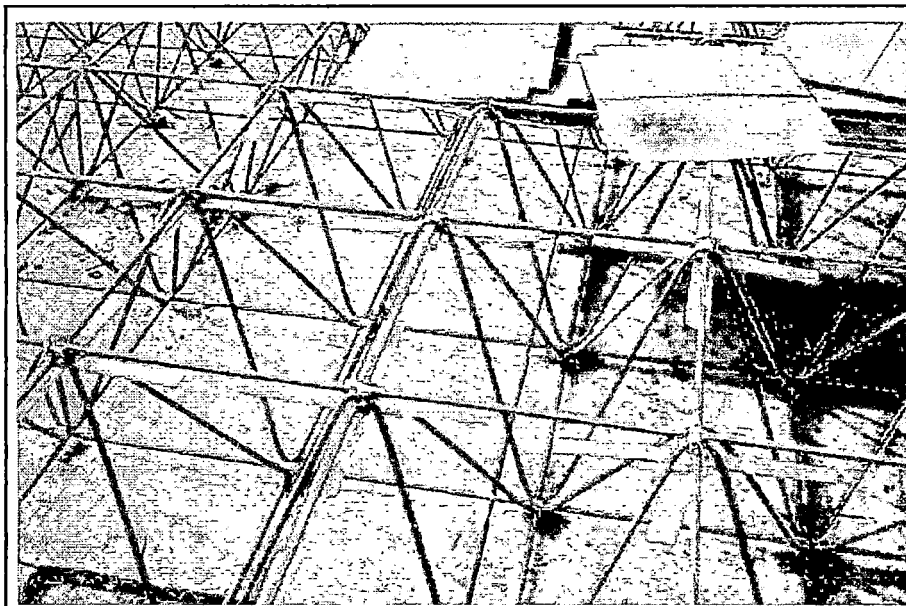


Fotografía N°5-14 Vista opuesta de la fotografía N°5-13



Fotografía N°5-15 Cruceta de soporte

El proceso de colocación de las planchetas se inició luego de que el 95 % de la estructura espacial metálica, se encontraba construida, es decir la malla superior, inferior y los diagonales se encontraban unidos entre sí. El primer paso consistió en amarrar las crucetas de soporte a cada uno de los nudos de la malla superior, empleando para ello alambre negro # 8 y el tortol, hasta lograr una distribución tal como la que se muestra en la fotografía N°5-16.



Fotografía N°5-16 Crucetas de soporte distribuidas sobre EEM



Como paso siguiente se une la sección A de la plancheta a la sección B de la misma, empleando para ello los pasadores. Luego se coloca esta sobre 4 crucetas tal como se aprecia en la figura N°5-32.

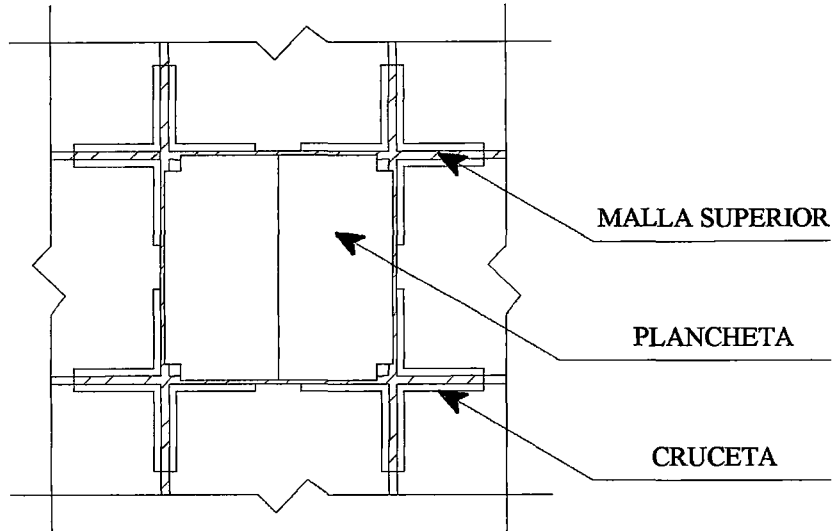
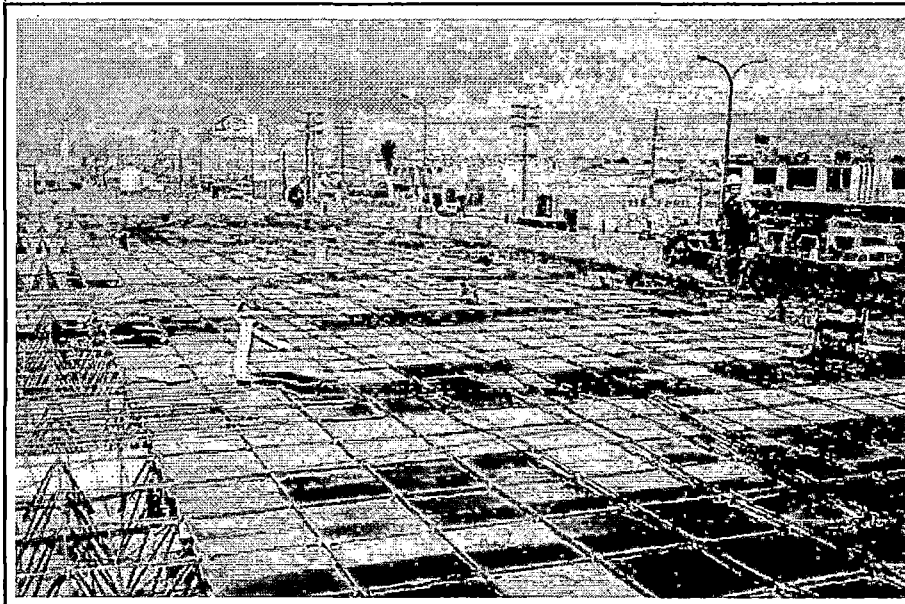


Figura N°5-32 Esquema de colocación de una plancheta sobre las crucetas de soporte

De este modo concluimos el proceso de colocación de una plancheta, repitiendo este proceso hasta que toda la superficie sea cubierta por planchetas y se tenga una superficie continua sobre la cual se pueda realizar el vaciado del concreto de la losa superior (fotografía N°5-17).



Fotografía N°5-17 Planchetas colocadas sobre la EEM



#### 5.4. Desencofrado

El desencofrado temprano es deseable desde el punto de vista de la economía, sin embargo, para asegurar un adecuado comportamiento estructural del concreto, el encofrado debe permanecer hasta que el concreto adquiera la suficiente resistencia para portar con seguridad las cargas; evitar la ocurrencia de deflexiones permanentes no previstas y resistir daños mecánicos tales como quijaduras y/o despostillamientos.

En general, los encofrados de columnas, placas, muros y costados de viga o losa se requieren sólo hasta que el concreto haya endurecido y sea capaz de resistir la ocurrencia de daños mecánicos. Para esto es suficiente una resistencia  $f'c$  de 40 kg/cm<sup>2</sup>.

El encofrado o el apuntalamiento adecuado de fondos de losas requiere permanecer en su sitio hasta que el concreto tenga una resistencia adecuada para soportar su propio peso y la sobrecarga de construcción que le será aplicada.

El desencofrado en condiciones normales se hará de acuerdo a los tiempos indicados en la siguiente tabla:

Elementos	Tiempo de Desencofrado mínimo
Columnas, muros, placas y costado de vigas o losas	12 - 24 hrs
Fondo de losas aligeradas o macizas	7 días
Fondo de vigas	14 días

El proceso de desencofrado para muros, columnas y placas se inicia con los pies derechos o puntales, luego cortando con cizalla de mano los tensores de alambre negro N°8, retirar los tableros enteros de ser posible, pues éstos servirían después para volver a encofrar elementos típicos.

El desencofrado debe ser hecho sin violencia, para evitar daños al concreto, para esto se utilizó además de las herramientas de carpintero, pata de cabra y palancas, para desclavar y empujar el encofrado, despegándolo suavemente de la superficie de contacto del concreto.



Cabe señalar que el desencofrado, por cuestión de horario de trabajo, se realizó siempre a primera hora.

El desencofrado de las vigas comenzó con los costados del encofrado, al día siguiente del vaciado, con la finalidad de poder rociar con agua para el curado.

A los 14 días se desencofraron los fondos de vigas, quitando primeramente los puntales del centro hacia los extremos para detenerse de ser necesario y reapuntalar, en el caso que suceda alguna deflexión imprevista.

En losas, el proceso desencofrado, comenzaba con los puntales y luego con las planchas. Cabe una mención especial para el orden de retiro de los puntales de las losas, ya que primero se debe proceder por el centro de luz, para que dado cualquier signo de deflexión se detenga inmediatamente el desencofrado y se reapuntale la zona.

Dicho proceso es también usual para cuando sea necesario retirar los puntales un poco antes de los plazos determinados, dada la necesidad imperiosa de usarlo en otros encofrados, quedando fijos todavía los puntales en los extremos de la luz, evitando así deflexiones no previstas en el diseño, dado que es menor la luz que se encuentra sin soporte.

Como último paso, usualmente necesario en vigas y losas, sobre todo en luces superiores a los seis metros, como en nuestro caso, se dejan puntales bajo el elemento estructural, para que las cargas de pesos propios y las adicionales de construcción se transmitan según la misma vertical, con el objetivo fundamental de asegurar la no ocurrencia de deflexiones.

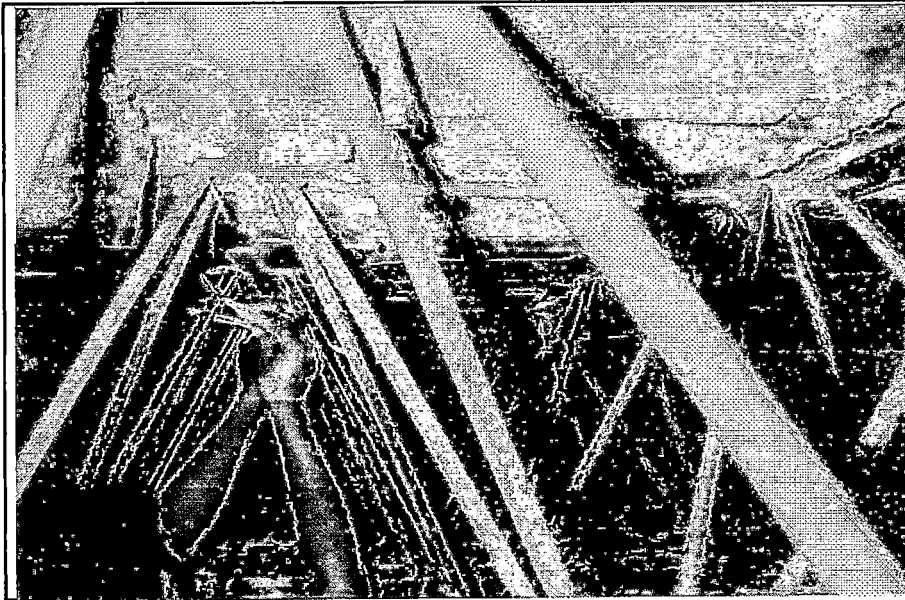
En cuanto al personal, la cuadrilla básica en desencofrado estaba conformada por un operario con dos ayudantes, estando las cuadrillas bajo las órdenes del maestro.

Adicionalmente a estos desencofrados que podemos denominar típicos, tenemos el desencofrado de las planchetas metálicas de la losa superior de la tridilosa.

Para realizar el desencofrado de estas, basta una sola persona, quien empleando un martillo y una pequeña palanca retira una por una las planchas de la siguiente manera:

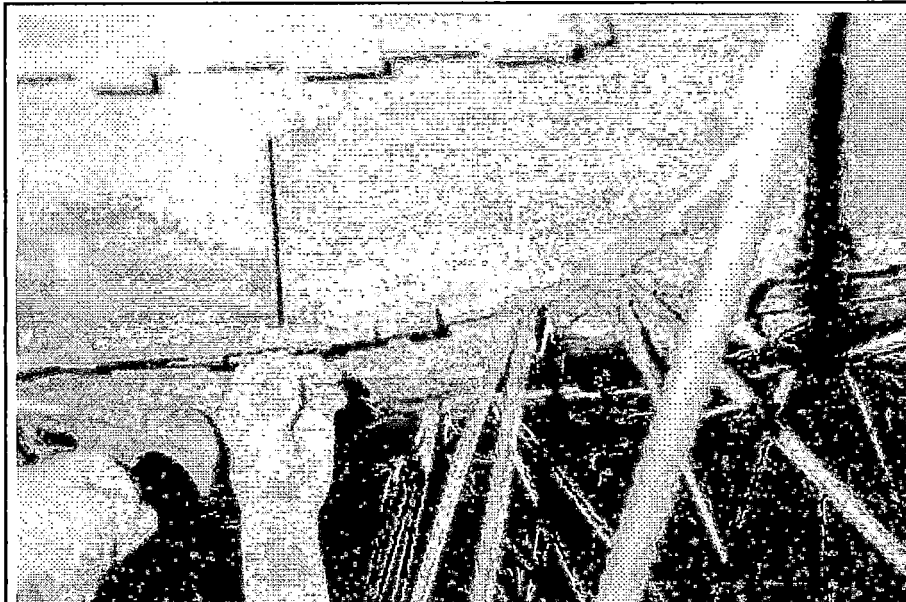


- ◆ Primero empleando la uña del martillo se palanquea hasta romper el alambre negro # 16 que amarra las crucetas de soporte a la losa superior, para poder retirarla (Fotografía N°5-18).



Fotografía N°5-18 Retiro de crucetas de soporte

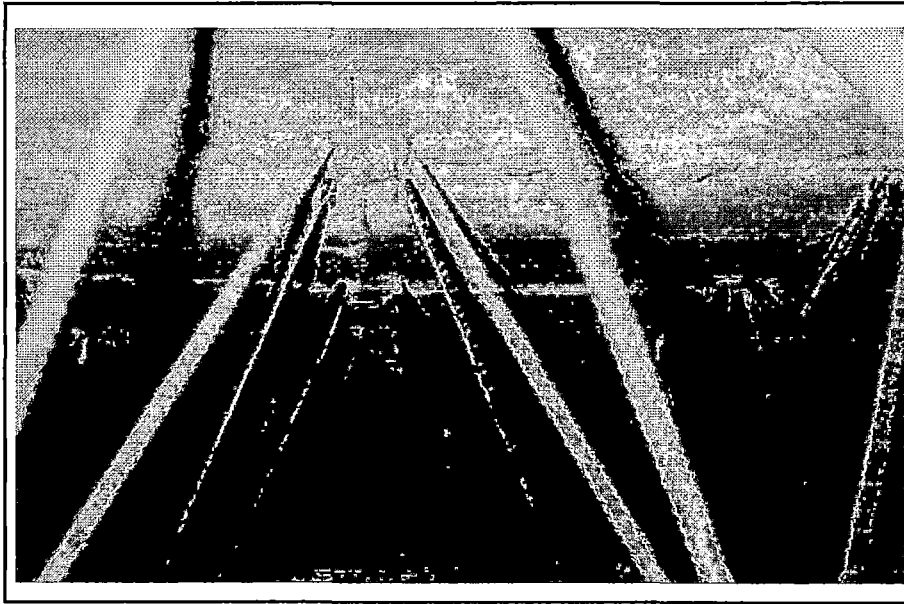
- ◆ A continuación se repite este proceso en cada una de las cuatro esquinas que soportan una plancheta de modo tal que esta pueda ser desencofrada.



Fotografía N°5-19 Retiro de los pasadores



- ◆ Posteriormente se golpea con el martillo los pasadores hasta que estos salen de su posición (Fotografía N°5-19).
- ◆ Luego en la zona de unión de la sección A y B de la plancheta se introduce la parte uña del martillo, para jalar y palanquear la plancheta hasta que esta se desprege del concreto y retirarla, logrando así una superficie como la que se aprecia en la fotografía N°5-20.



Fotografía N°5-20 Aspecto de losa superior una vez retiradas todas las planchetas





## ***CAPITULO VI***

# **Acero**



## CAPITULO VI

# Acero

### 6.1. *Habilitación*

---

Esta etapa se refiere básicamente al cortado y doblado de las barras de acero, de acuerdo con los planos y a la programación de cortes efectuados en coordinación entre el residente y el maestro herrero (capataz).

#### 6.1.1. *Generalidades*

Como consideraciones generales debemos tener las siguientes:

- No mezclar diferentes calidades de acero.
- Limpiar las escamas de laminación.
- No colocar acero en contacto con el suelo, graso o concreto, es indispensable su limpieza.
- El óxido superficial es aceptable.
- No se usaran las barras con ondulaciones o dobleces no mostrados en los planos, o los que tengan roturas o fisuras.

Principios Básicos del Doblado:

- Los dobleces deben ejecutarse de acuerdo a lo indicado en los planos de estructuras.
- El doblado no debe ejecutarse sin causar fisuración de la barra.



- Se debe respetar los diámetros mínimos de doblado.
- Las barras no deberán enderezarse ni volverse a doblar.
- Al doblar un fierro se debe usar un tubo con diámetro interno mayor en 1/8" que la varilla.
- La garganta de la trampa debe ser mayor en 1/8" que el diámetro de la varilla.
- El doblado debe hacerse en frío.
- No se doblaran las barras parcialmente embebidas en concreto endurecido, excepto cuando así se indique en los planos de diseño o lo autorice el ingeniero proyectista.

Las tolerancias para el corte:

- En longitud de corte  $\pm 3$ cm.
- Para estribos, espirales y soporte  $\pm 1$ cm.
- Para ganchos y dobleces  $\pm 1$ cm.

Diámetros Mínimos de Doblado:

- En barras longitudinales, el diámetro del doblado medio a la cara interior de la barra no deberá ser menor a:

– Barras	$\phi 3/8"$	a	$\phi 1"$	6db
– Barras	$\phi 1 1/9"$	a	$\phi 1 3/8"$	6db
- En estribos, el diámetro del doblado medio a la cara interior de la barra no deberá ser menor a:

– Estribos	$\phi 3/8"$	a	$\phi 5/8"$	4db
– Estribos	$\phi 3/4"$	y	mayores	6db
- En estribos de malla soldada (corrugada o lisa), el diámetro interior de los dobleces no debe ser menor a:

– Para alambre corrugado de diámetro mayor de 6mm	4db
– Para el resto	2 db
– A menos de 4db de un intersección soldada	8 db



### Gancho Estándar

El término gancho estándar se emplea en la norma para designar:

- En barras longitudinales
  - Dobles de 180° más una extensión mínima de 4 db pero no menor de 6.5 cm al extremo libre de la barra.
  - Doble de 90° más una extensión mínima de 12 db al extremo libre de la barra.
- En Estribos
  - Dobles de 135° más una extensión mínima de 10 db al extremo libre de la barra. En elementos que resisten acciones sísmicas, cuando los estribos no se requieran por confinamiento, el doble podrá ser de 90° o 135° más una extensión de 6 db.

### Condiciones Básicas del Área del Taller de Fierrería.

- Elegir un lugar adecuado a la salud e higiene del trabajador.
- El área debe estar libre de elementos extraños (hierba, raíces, piedras, etc.).
- Ubicarlo en un lugar estratégico, cercano a los lugares donde se colocarán las armaduras.

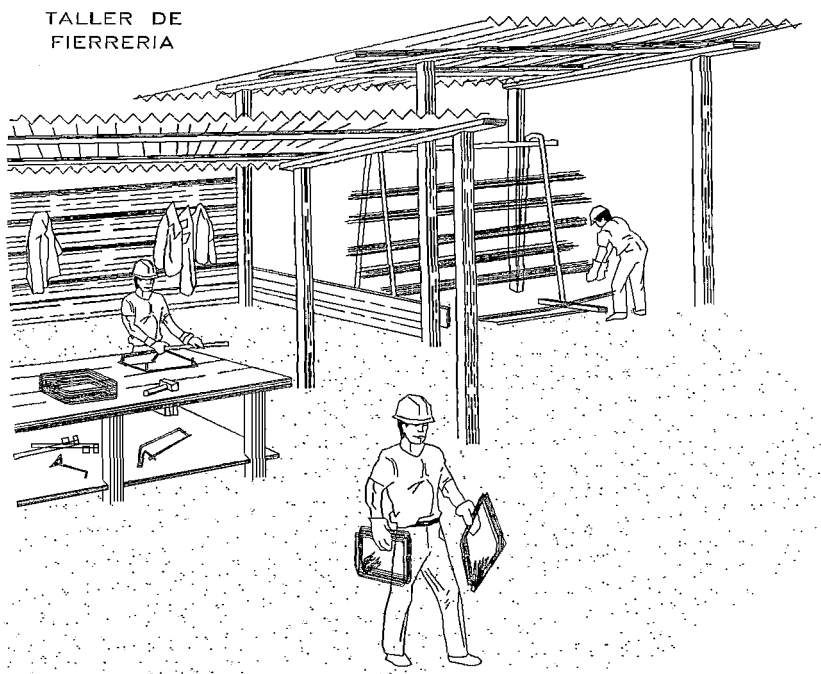


Figura 6-1 Taller de Fierrería



### 6.1.2. Herramientas y Equipos Empleados en la Habilitación:

Entre las principales herramientas y equipos empleados durante la habilitación tenemos:

#### a) Banco del Fierro:

El banco del fierro es uno de los principales equipos del fierro, se construye en obra empleando para ello tablonces de madera de 2" x 10" x 10'.

Generalmente los tenemos de 3.00 m de largo por 0.90 m de ancho, y de 6.00 x 0.90, con una alto de 0.90 m, caracterizándose por ser fuerte, resistente y de un ancho suficiente para facilitar el trabajo que en él se realiza.

Se le utiliza para instalar en el, la trampa del fierro y efectuar las operaciones de corte, doblado y preparar las armaduras de fierro.

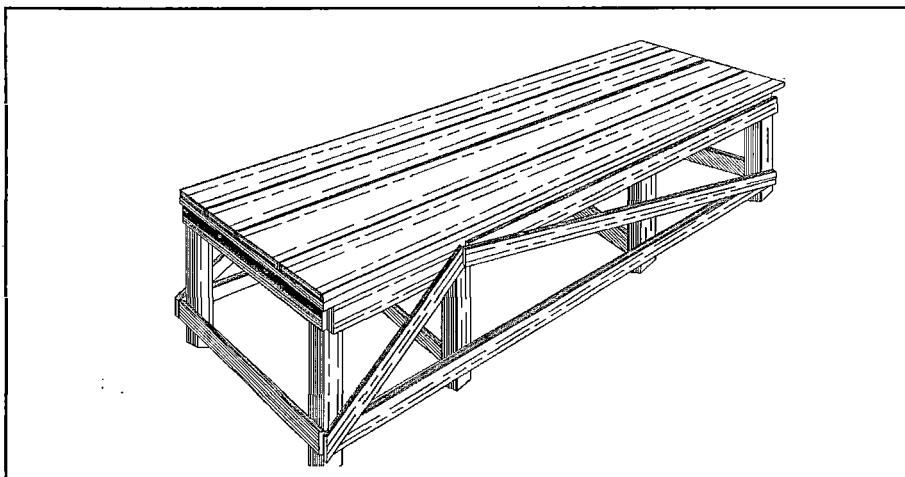


Figura 6-2 Banco del Fierro

#### b) Trampa del Fierro:

Es un equipo de doblaje, que consiste en una plancha metálica que va atornillada o clavada al tablero del banco del fierro, sobre ella se encuentran soldados dos ángulos de platina cuyo espesor y garganta dependen del diámetro de fierro a doblarse.

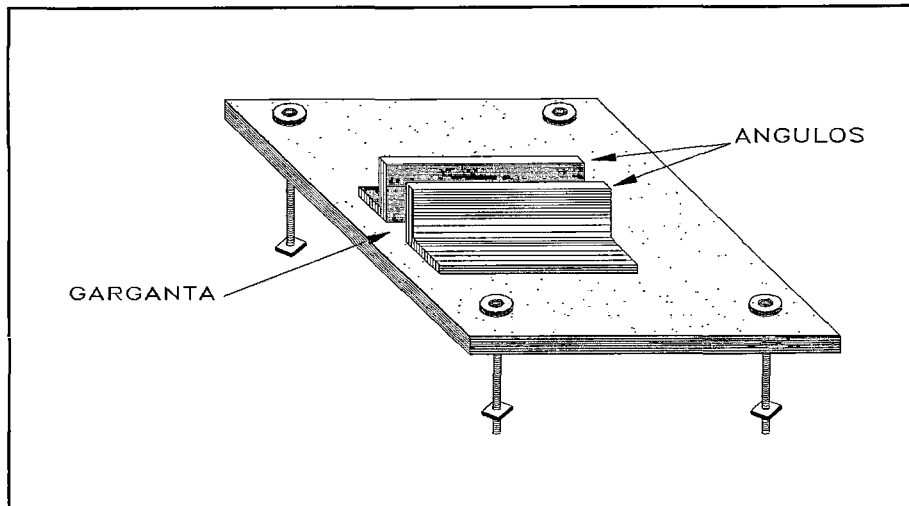


Figura N°6-3 Trampa del Fierrero

c) Suple:

Es un aditamento empleando en la trampa de fierrero, generalmente un trozo de fierro corrugado que sirve para reducir la luz de la trampa. Existen suples de diferentes diámetros y longitudes, dependiendo del tipo de trampa que se use y la luz de la garganta que se quiere reducir. También existen suples en forma de "U", los cuales son empleados cuando no es posible usar la trampa.

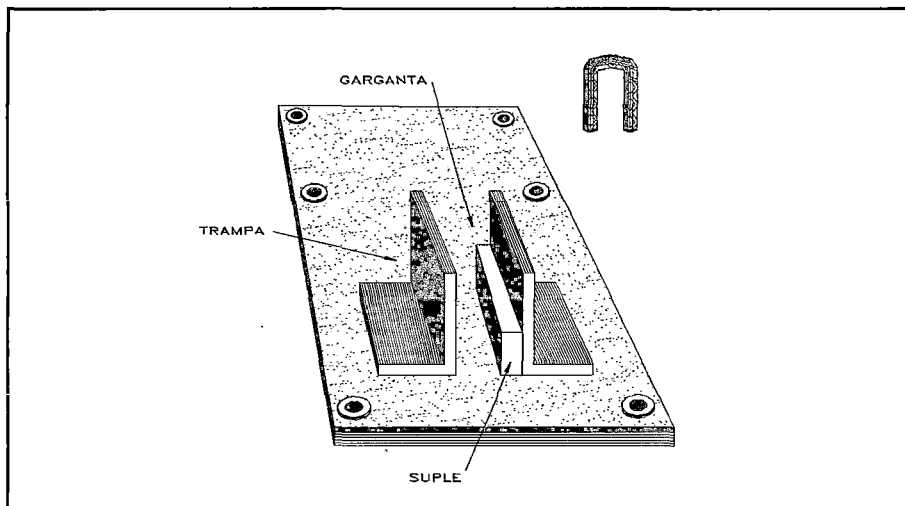


Figura N° 6-4 El Suple



d) Topes:

Son clavos o pedazos de fierro corrugado que se colocan en el banco del fierro a fin de determinar la longitud de los lados de los estribos, varillas, etc., con la finalidad de facilitar el doblado, ahorrando tiempo en la construcción de elementos en serie.

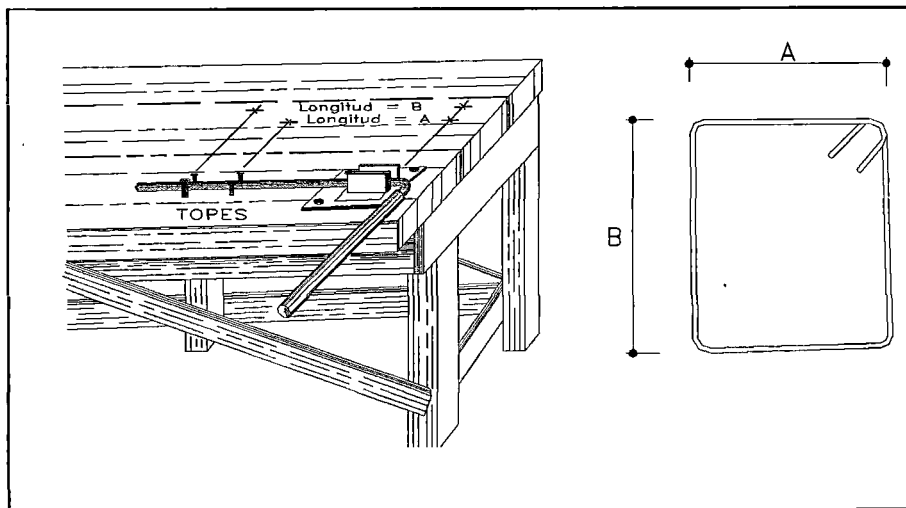


Figura N°6-5 Topes

e) Tubo de doblar:

Es una herramienta rudimentaria que utiliza el fierro para el doblado del fierro. El tubo que se utiliza es de fierro, tiene una longitud que varía de 0.30 a 1.50 m, según el diámetro de la barra a doblar, su diámetro interior es mayor que el diámetro de la barra en 1/8" aproximadamente. En algunos casos el tubo es achatado y reforzado en uno de sus extremos a fin de facilitar el doblado del fierro.

A continuación presentamos un tabla donde se aprecia el diámetro del tubo de doblar con respecto al diámetro de la varilla de acero.

$\phi$ Varilla de Acero	$\phi$ Tubo
1/4"	3/8"
3/8"	1/2"
1/2"	3/4"
5/8"	1"
3/4"	1"

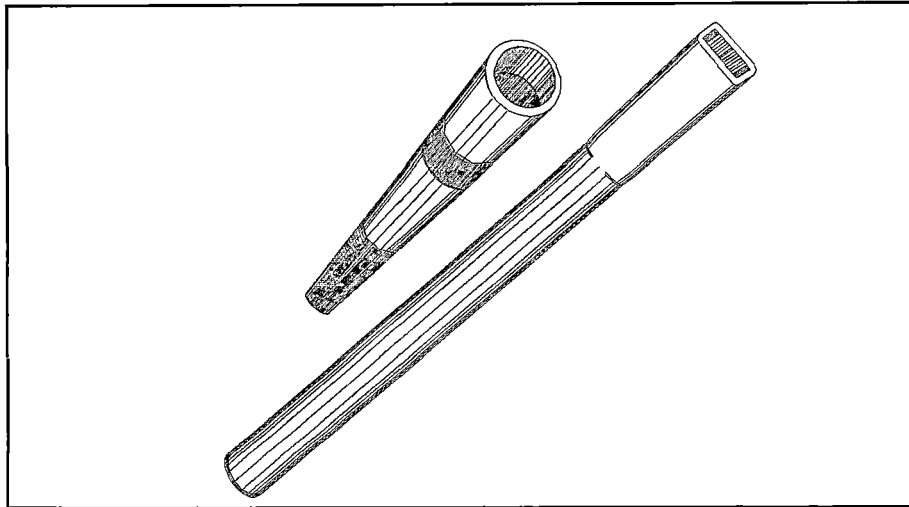


Figura N°6-6 Tubo del fierro

***f) Arco de Sierra:***

Es una herramienta construida con fierro corrugado de 1/2" donde se coloca una hoja de sierra fijándola con pedazos de alambre o clavos. Puede también usarse fierro de 5/8" aunque la herramienta resultaría más pesada.

El arco de sierra posee en sus extremos unas ranuras donde se fija la sierra. Este se utiliza para cortar con facilidad metales, madera, plástico u otros materiales. Asimismo también existen arcos prefabricados que se adquieren en el mercado.

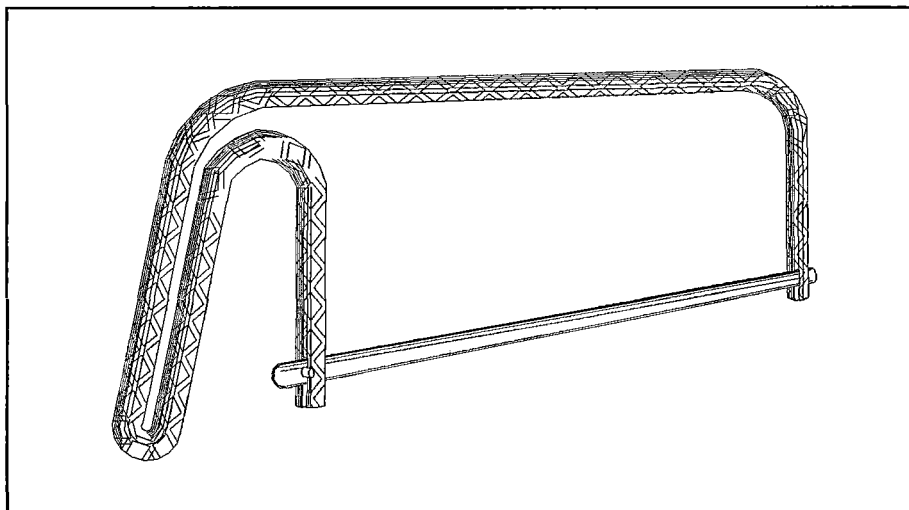


Figura N°6-7 Arco de Sierra





Tal vez la característica más importante de las herramientas de doblado anteriormente descritas, sea su diseño, propio de nuestro medio, puesto que todas son elaboradas en obra por los mismos operarios, con los materiales que se encuentren a su alcance.

***g) Cizalla Mecánica:***

Es un equipo compuesto por palanca, engranes, cuchillas, tornillo de ajuste y base. Existen de varios tamaños y de diferente capacidad de corte, tenemos la que tiene una capacidad de corte desde 1/4" hasta 3/4", la de 1/4" hasta 1", y la que tienen una capacidad de corte que va desde 3/8" hasta 1 1/2". Asimismo también existen cizallas eléctricas compuestas por un motor eléctrico, un pedal de centro y un juego de cuchillas y una cuña graduable.

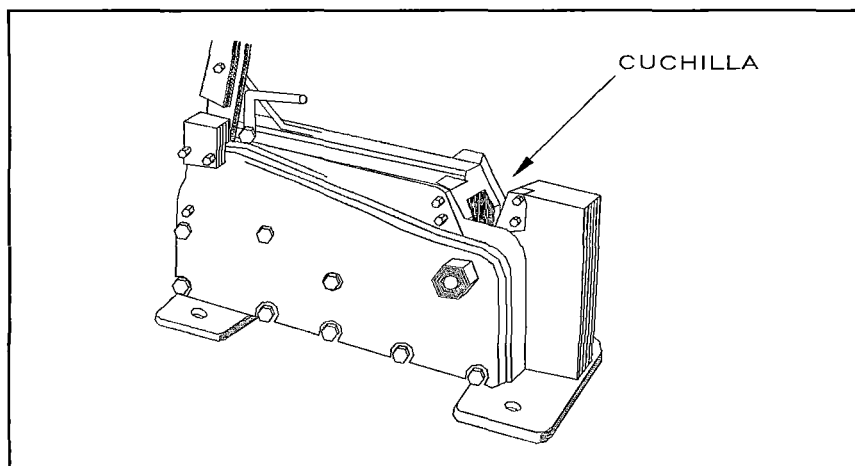


Figura N°6-8 Cizalla Mecánica

**6.1.3. Hoja de Habilitación**

Para elaborar una "Hoja de Habilitación" de acero, el primer paso consiste en estudiar detenidamente los planos de los elementos estructurales a construir, definiendo así las longitudes, formas y diámetros de cada pieza.

Luego se comparan las longitudes necesarias de corte con la longitud de barra entera, y se define la utilización de empalmes o no para evitar los desperdicios, sobre todo en diámetros mayores 1/2", previendo la utilización, quizás en otros elementos, de forma tal que al final puedan minimizarse los sobrantes (programación de corte).



A continuación presentamos algunas características básicas de la Hoja de Habilitación:

- Debe contener todas las indicaciones necesarias para habilitar fierro en el corte y en el doblez.
- Debe ser clara y precisa.
- Debe indicar las dimensiones de la varilla a usar: diámetro y largo.
- Indicar la cantidad de varillas a habilitar.
- Contener la longitud desarrollada de elemento a habilitar, incluyendo la longitud de ganchos y otros dobleces que se deban efectuar.

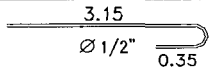
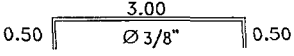
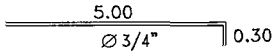
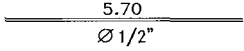
HOJA DE HABILITACION				
TIPO	CANTIDAD	Ø"	LONGITUD DESARROLLADA	FORMA
A	20	1/2"	3.50	
B	8	3/8"	4.00	
C	15	3/4"	5.30	
D	10	1/2"	5.70	

Figura N°6-9 Hoja de Habilitación

Definida ya la longitud de cada pieza, se procede a cortar la barra, en forma perpendicular con arco de sierra para barras de  $\phi \leq 1/2"$  o con cizalla de piso para barras de  $\phi \geq 3/8"$ ; para luego proceder a hacer los dobleces sobre el banco del herrero con la ayuda de la trampa del herrero y un tubo de fierro para hacer la fuerza sin doblar indebidamente la barra, manteniendo siempre los radios mínimos de doblez.

En la habilitación de estribos es necesario además cuidar la longitud de gancho y que todos los lados sean coplanares.



#### **6.1.4. Habilitación de los Diagonales de la Tridilosa.**

En general el proceso de habilitación del acero de los diferentes elementos estructurales es muy similar, salvo en el caso de los diagonales de la tridilosa, donde se emplea un sistema de habilitación continuo.

Si observamos el plano estructural de la tridilosa podemos apreciar la presencia de una malla inferior, una superior y diagonales, quienes en conjunto y unidas entre sí, forman pirámides de base cuadrada.

Ahora si consideramos que cada diagonal es un elemento aislado, debemos unir cada uno de estos elementos a la malla inferior de la tridilosa, garantizando una adecuada inclinación, eficaz unión y disposición simétrica espacial (en las tres dimensiones) con respecto a las diagonales que se colocaran posteriormente para formar una pirámide de base cuadrada.

Esta hipótesis resulta un tanto complicada, ya que tendría que cortarse las varillas de 3/4" cada 0.61 m y soldarlas una por una, simétricamente al eje central de cada pirámide, hecho que resultaría muy complicado, puesto que no se cuenta con la ubicación física de este eje, hasta unir las cuatro aristas (varillas) de la pirámide.

En vista de lo anteriormente descrito, esta idea se descartó, empleándose un sistema de habilitación continuo que no requiere cortar, y tal como si propio nombre lo indica, consiste en doblar las varillas de acero de manera continua formando un polígono abierto en forma de sierra, de modo tal que se cuente con pares de aristas de las pirámides.

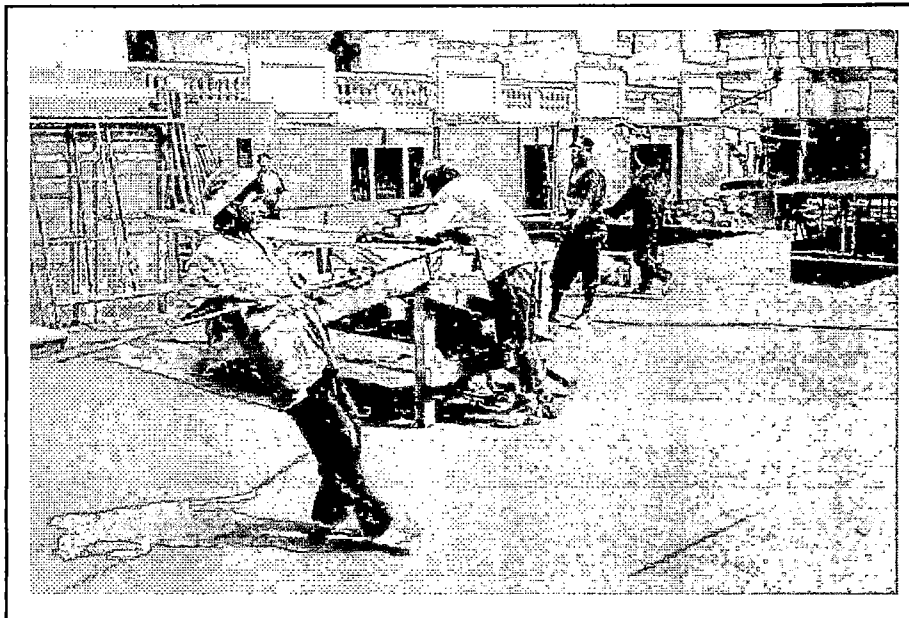
El trabajo de habilitación de los diagonales se inicia con la colocación de la trampa del fierro, sobre la mesa de trabajo, para luego ubicar los topes de forma tal que se garantice la longitud y ángulo de dobles adecuado.

Para esta tarea se empleó una cuadrilla compuesta por un oficial fierro y dos peones, quienes lo apoyan en la habilitación a fin de agilizarla, realizando el trabajo de la siguiente manera:

- ◆ Primero los peones levantan la varilla de 3/4" o de 1/2" según el caso, de 9.00 m de longitud sobre la mesa del fierro.



- ◆ Luego el oficial fierro ubica el centro de la varilla y la coloca con ayuda de los peones en el medio de la trampa del fierro.
- ◆ A continuación, uno de los peones introduce el tubo de doblar, por en el extremo izquierdo de la varilla, hasta ponerlo en contacto con la trampa del fierro.
- ◆ Posteriormente el oficial fierro sujeta la varilla a la altura de la trampa del fierro (procurando que esta no se deslice ni se mueva), mientras el peón que sostiene el extremo derecho de la varilla se queda quieto sosteniendo firmemente la varilla en el mismo plano de la mesa de trabajo, en tanto que el peón que posee entre sus manos el tubo de doblado, dobla la varilla de acero, en sentido horario, hasta que el tubo es detenido por el tope que demarca el ángulo de dobles adecuado (fotografía N°6-1).
- ◆ Una vez logrado esto se retira el tubo de doblado y ambos peones levantan la varilla girándola 180°, empleando como pivote al peón del lado derecho; luego con ayuda del oficial fierro colocan la varilla dentro de la trampa, de modo tal que el ángulo de dobles ejecutado anteriormente quede justo en el tope trasero de la trampa.



Fotografía N°6-1 Habilitación de los diagonales de la tridilosa



- ◆ El peón de la izquierda coloca nuevamente el tubo de doblado en la varilla y dobla esta en sentido horario, hasta que el tubo es detenido por el tope que demarca el ángulo de dobles adecuado.
- ◆ Posteriormente el mismo peón retira el tubo de doblado, y con ayuda del peón de la derecha gira la varilla 180° (fotografía N°6-2).



Fotografía N°6-2 Habilitación de los diagonales de la tridilosa

- ◆ A continuación con ayuda del oficial herrero, colocan la varilla en la trampa del herrero, de modo tal que el ángulo dobles ejecutado anteriormente quede alineado y sujetado con el tope trasero de la trampa.
- ◆ Como paso siguiente se repiten los tres últimos puntos descritos anteriormente, hasta doblar la totalidad de la varilla (fotografía N°6-3).

Finalizado el proceso de doblado de toda una varilla se coloca esta a un lado de modo tal que no interrumpa la circulación, y se continúa doblando la siguiente.



**Fotografía N°6-3 Habilitación de los diagonales de la tridilosa**



## **6.2. Colocación**

---

En esta etapa se realiza el montaje o colocación de la armadura de refuerzo, pudiendo hacerlo fuera o dentro de su posición final, es por ello que es necesaria la coordinación entre el ingeniero residente y el maestro herrero (capataz).

### **6.2.1. Generalidades**

Como consideraciones generales debemos tener las siguientes:

- La colocación de armaduras será efectuada en estricto acuerdo con los planos.
- Las armaduras se aseguraran contra cualquier desplazamiento por medio de alambre negro N°16 ubicado en las intersecciones.
- El recubrimiento de la armadura se logrará por medio de los espaciadores (dados de mortero) colocados en forma tal que al cerrar los encofrados, la armadura quede inmovilizada y con el espaciamiento adecuado.
- El refuerzo deberá asegurarse de manera que durante el vaciado no se produzcan desplazamientos que sobrepasen las tolerancias permisibles.



Recubrimiento para el Refuerzo:

- Para el concreto preparado y vaciado en obra, deberá proporcionarse el siguiente recubrimiento mínimo de concreto al refuerzo
  - Concreto vaciado contra el suelo o en contacto con el agua de mar 7 cm.
  - Concreto en contacto con el suelo o expuesto al medio ambiente:
    - ♣ Barras de 5/8" o menores: 4 cm
    - ♣ Barras de 3/4" o mayores: 5 cm
  - Concreto no expuesto al ambiente (protegido por un revestimiento) ni en contacto con el suelo (vaciado con encofrado y/o solado).
    - ♣ Losas aligeradas: 2 cm
    - ♣ Muros, o muros de corte: 2 cm
    - ♣ Vigas y columnas (\*): 4 cm
    - ♣ Cascaras y láminas plegadas: 2 cm

(\*) El recubrimiento se mide al estribo.

- Para el Concreto Prefabricado (fabricado bajo condiciones de control de planta), se proporcionará el siguiente recubrimiento mínimo de concreto al refuerzo
  - Concreto en contacto con el suelo o expuesto al ambiente:
    - ♣ Paneles para muros y losas: 2 cm
    - ♣ Otros elementos:
      - Para diámetros mayores de 5/8" 4 cm
      - Para diámetros menores o iguales a 5/8" 3 cm
  - Concreto no expuesto al ambiente ni en contacto con el suelo
    - ♣ Losas, muros y viguetas: 1.5 cm
    - ♣ Vigas y columnas (\*): 2 cm
    - ♣ Cáscaras y láminas plegadas: 1.5 cm

(\*) El recubrimiento se mide al estribo.





### 6.2.2. Colocación de la Armadura de los Diversos Elementos Estructurales

En general el proceso constructivo de los elementos comunes es muy parecido, en cuanto al aspecto de colocación.

- Columnas y Placas

Para el caso específico de las columnas y placas, la colocación se realizó in situ, para lo cual se colocó inicialmente la parrilla inferior de la zapata sobre el solado, siguiendo la distribución trazada por la cuadrilla de trazo y replanteo.

Como paso siguiente se marcó con tiza la ubicación exacta de las barras transversales (estribos), sobre las varillas longitudinales verticales, para que una vez izadas estas últimas, se proceda a colocar los estribos siguiendo la disposición indicada en los planos, para luego amarrar cada intersección con alambre negro # 16, usando el tortol.

Posteriormente se colocan en los estribos, dados espaciadores, para inmovilizar la armadura durante el vaciado de concreto y cumplir con el recubrimiento especificado.

- Vigas

En cuanto a las vigas, estas fueron montadas in situ, una vez colocado el fondo de encofrado de las mismas.

Para simplificar el proceso constructivo, primero se colocan las barras longitudinales, pasándolas por todos los estribos, de forma tal que los ganchos estén intercalados en cada esquina de la capa superior e inferior, luego se amarran las intersecciones, concluyendo con las barras faltantes.

Durante este proceso se procuró cuidar las uniones con las columnas y el empaquetamiento de fierros, para desviar lo menos posible las barras de la viga.

Del mismo modo se colocaron en los estribos dados espaciadores para inmovilizar la armadura durante el vaciado de concreto y cumplir con el recubrimiento especificado.



- Muros de Contención

Para el caso de los muros de contención, el trabajo se realizó también in situ. El armado de las mallas se realizó en dos etapas, primero en forma básica (algunas barras horizontales y verticales), utilizando separadores de malla en forma de U con el espesor necesario y diagonales auxiliares momentáneas para darle rigidez, y luego colocar las barras restantes amarrándolas en cada intersección.

Al igual que en los casos anteriores se colocaron dados de mortero espaciados de forma tal, que se aseguró el recubrimiento adecuado de toda la armadura.

En cuanto al personal, la cuadrilla básica estaba conformada por un oficial y un operario herrero, estas cuadrillas estaban a cargo del capataz herrero (maestro herrero). Para ciertas operaciones, como transporte de varillas, cortado de alambre, etc. se tenía unos cuatro peones volantes.

### **6.2.3. Colocación de los Diagonales de la Tridilosa**

Como mencionamos anteriormente los diagonales de la tridilosa están conformadas, por varillas de 3/4" y 1/2" en el caso de la obra Comedores del Congreso de la República, y varillas de 1/2" en la obra Ampliación de la Planta Industrial Cromotex.

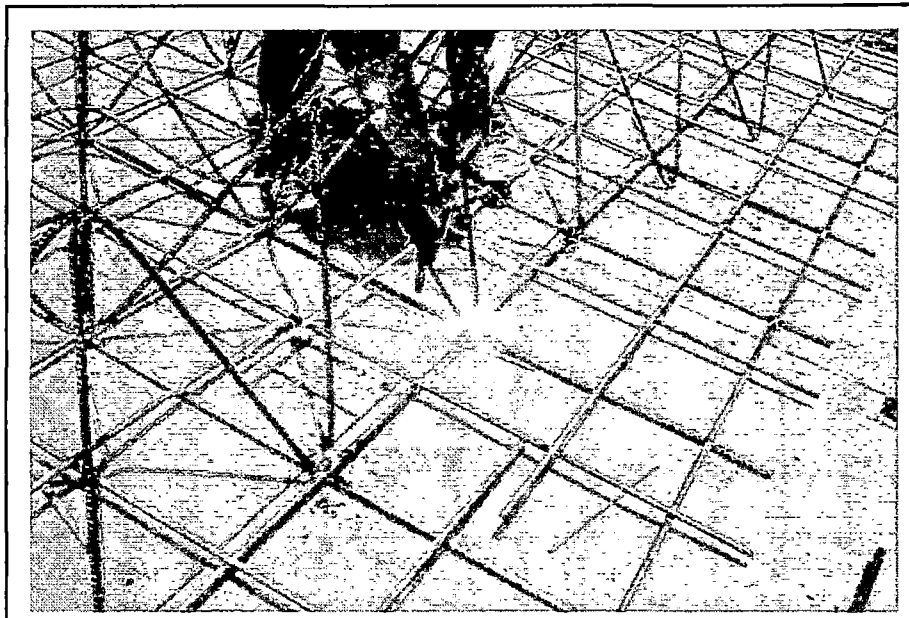
La colocación de estas se inició una vez que la malla inferior se encontraba totalmente montada y soldada longitudinal y transversalmente, formando una red continua de 0.50 x 0.50 m<sup>2</sup>.

Para la realización de esta tarea se empleó un operario soldador con su respectiva máquina soldadora, y un peón volante (que apoya a uno o dos soldadores), ejecutando el trabajo de la siguiente manera:

- ◆ Con ayuda del peón volante, el soldador coloca la varilla de forma de sierra, sobre la malla inferior, de modo tal que los ángulos de dobles coincidan con los nudos de esta.



- ◆ Luego ambos se desplazan a extremos opuestos de la varilla de forma de sierra, inclinándola hasta que forma un ángulo de  $63^\circ$  aproximadamente con el plano del encofrado inferior, de modo tal que los ángulos de dobles superiores estén sobre la proyección del eje central de los cuadrados base de la malla inferior.
- ◆ A continuación el soldador, suelda el ángulo de dobles inferior extremo, al nudo de la malla inferior correspondiente (fotografía N°6-4).
- ◆ Posteriormente transcurridos 30 segundos, enfriado el cordón de soldadura, el soldador, retira la escoria empleando para ello la picota.
- ◆ Luego se desplaza hacia el siguiente nudo, acercándose de este modo al peón que se encuentra inmóvil en su posición y repite el proceso de soldadura.

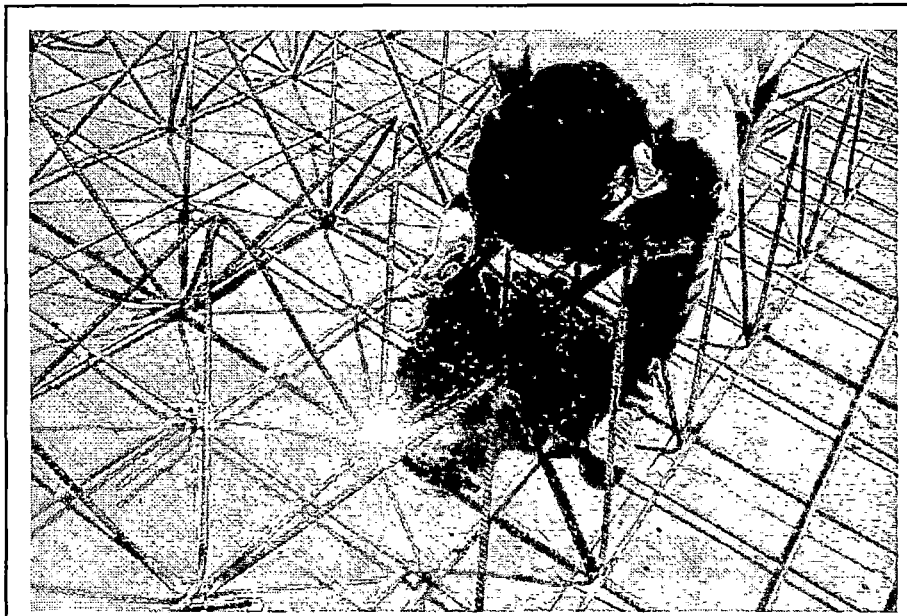


Fotografía N°6-4 Soldadura de la malla inferior con los diagonales de la tridilosa

- ◆ Una vez soldados dos nudos de consecutivos el peón volante espera que se suelde un tercero y se retira a traer otro juego de diagonales, que son colocadas simétricamente a las anteriores.

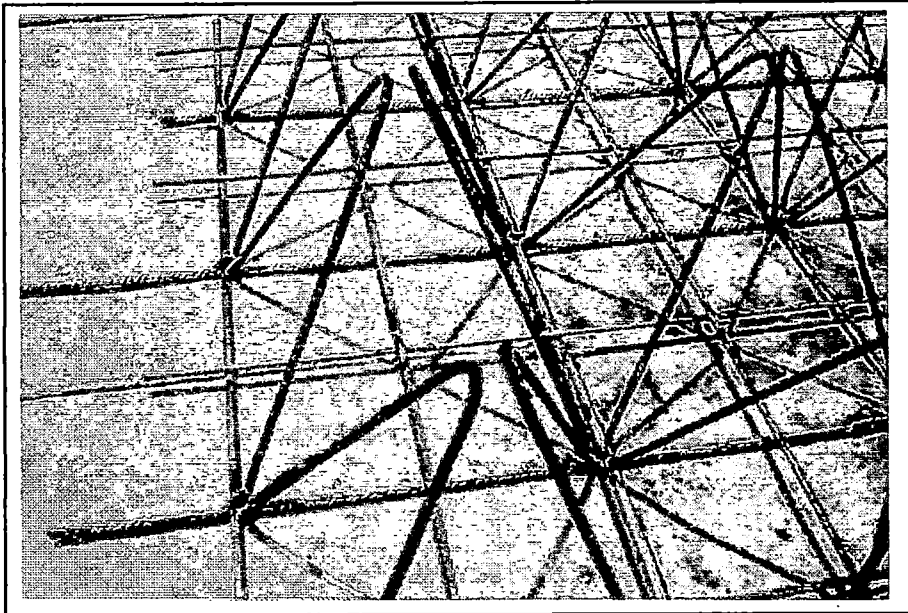


- ◆ Al igual que en el caso anterior el soldador se coloca en un extremo y el peón en el otro, para que ambos hagan coincidir cada uno de los nudos de la malla inferior, con los ángulos de dobles de la varilla en forma de sierra, para luego inclinarla hasta que el primer dobles extremo superior de la diagonal ya soldada, coincida con el primer dobles de este nuevo juego de diagonales.
- ◆ Posteriormente el soldador, suelda 3 nudos consecutivos al igual que en el caso anterior (fotografía N°6-5).
- ◆ Concluido esto el peón volante se retira a apoyar a otro soldador o a traer mas juegos de diagonales.
- ◆ Mientras tanto el soldador continua soldando en pares los ángulos de dobles de las diagonales con la malla inferior, es decir uno de cada uno, de los juegos de diagonales colocados anteriormente.



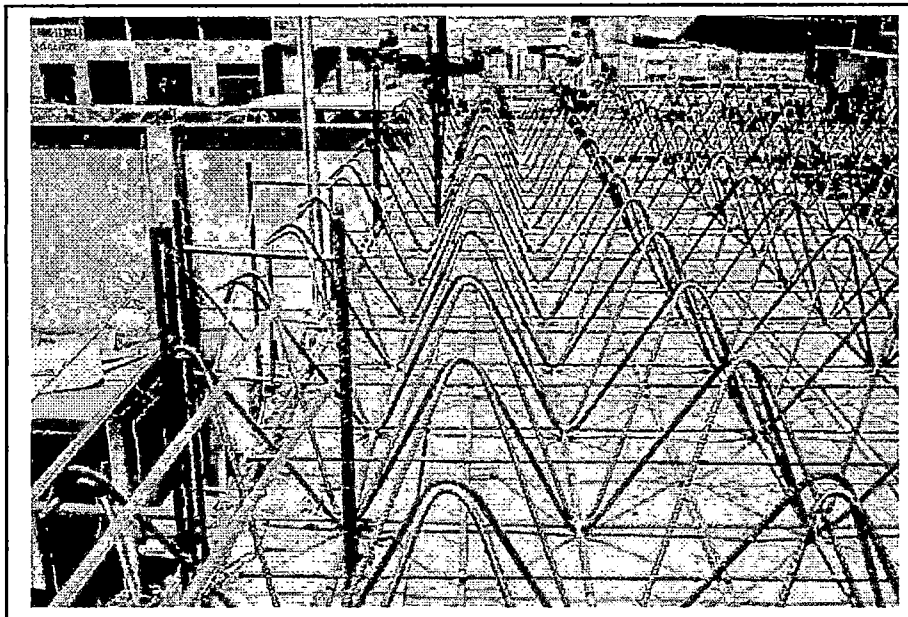
Fotografía N°6-5 Soldadura de la malla inferior con los diagonales de la tridilosa

- ◆ Repitiendo el proceso de soldadura, hasta que ambas líneas de diagonales se encuentran unidas a la malla inferior. Logrando una distribución como la que se muestra en la fotografía N°6-6.



Fotografía N°6-6 Detalle de unión de la malla inferior con los diagonales de la tridilosa

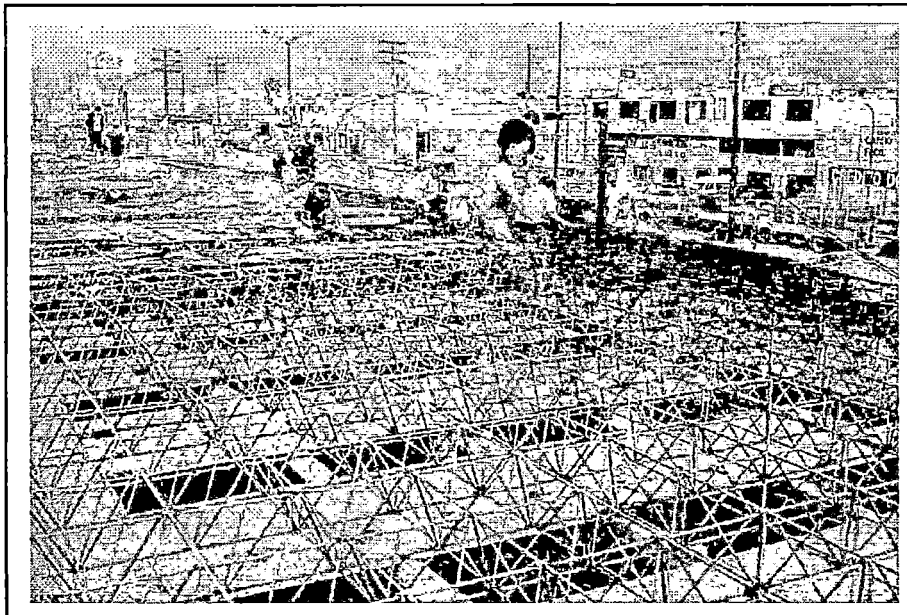
- ◆ Posteriormente se repite el proceso a lo largo y ancho de toda la tridilosa hasta lograr una estructura metálica continua compuesta por pirámides de base cuadrada (fotografía N°6-7).



Fotografía N°6-7 Estructura Espacial Metálica al 75%



- ◆ Luego se colocan las varillas longitudinales de la malla superior, por debajo del ángulo de dobles de los diagonales.
- ◆ Como paso siguiente estas varillas longitudinales, son soldadas a los ángulos de dobles respectivos.
- ◆ A continuación se colocan las varillas longitudinales perpendiculares a las anteriores soldándolas a los nudos hasta lograr una estructura espacial metálica como la que se muestra en la fotografía N°6-8.



Fotografía N°6-7 Estructura Espacial Metálica al 100%



**CAPITULO VII**  
***Soldadura***



## **CAPITULO VII**

# **Soldadura**

### **7.1. Introducción a la Soldadura**

---

#### **7.1.1. Definición**

Soldadura es la unión de dos materiales con la aplicación de calor, o presión, o con la combinación de calor y presión, con adición de material de aporte o sin ningún material de aportación (definición según la norma DIN 1910).

#### **7.1.2. Aplicaciones de la Soldadura**

La soldadura es fundamental para la expansión y productividad de las industrias, actualmente es uno de los principales medios de fabricación y reparación de productos metálicos, es casi imposible citar una industria, grande o pequeña, que no utilice algún tipo de soldadura.

En otras palabras la industria ha encontrado en la soldadura un procedimiento eficiente, seguro y económico para la unión de metales en prácticamente todas las operaciones de fabricación y en la mayoría de las construcciones.





Por ejemplo, en la preparación del material necesario para la puesta en fabricación de un nuevo modelo de automóvil, el fabricante puede invertir más de un millón de dólares en equipo de soldadura.

La mayoría de edificios (de perfiles de acero), puentes y embarcaciones se construyen total o en gran parte empleando soldadura.

Sin la contribución de la soldadura, las industrias aeronáuticas nunca habrían sido capaces de satisfacer la enorme demanda de aviones, cohetes y misiles.

Cuando los ruidos de construcción deben reducirse al mínimo, por ejemplo en la ampliación de un hospital, la importancia de la soldadura como principal medio de unión es particularmente significativa.

El desarrollo de la metalurgia de la soldadura y la aparición de nuevos métodos de soldeo han permitido un rápido progreso en la exploración del espacio.

La mayor contribución de esta técnica a la sociedad actual se encuentra, probablemente, en la fabricación de electrodomésticos. En la manufactura de televisores, neveras, lavadoras, y otros productos similares, se utilizan masivamente distintos procedimientos de soldeo.

Como medio de fabricación, la soldadura aporta rapidez, seguridad y gran flexibilidad. Además, disminuye los costos de fabricación, porque permite diseños más simples y elimina costosos modelos, así como numerosas operaciones de mecanizado.

La soldadura también se emplea ampliamente en la fabricación y reparación de maquinaria y equipo agrícola, maquinaria para minas y explotaciones petrolíferas, máquinas herramientas, muebles, calderas, hornos y material ferroviario.

### **7.1.3. Procedimientos de Soldadura**

Entre los numerosos procedimientos de soldeo que se aplican en la actualidad, la soldadura con llama, el soldeo por arco y la soldadura por resistencia son los más difundidos.



Para explicar las diferencias existentes entre estos procedimientos, podemos fijarnos en las funciones que deben desempeñar el soldador para la aplicación de cada uno de ellos.

La principal misión del soldador que utilice el procedimiento de soldadura con llama, es la de controlar y dirigir el calor sobre los bordes de las piezas a enlazar, mientras aplica al baño de fusión, una varilla de metal adecuado. El intenso calor necesario para fundir bordes y varilla se obtiene por la combustión de un gas. Puesto que normalmente se emplea una mezcla de acetileno y oxígeno, el procedimiento recibe el nombre de soldadura oxiacetilénica.

La técnica requerida para este trabajo se puede resumir en los siguientes puntos: reglaje de la instalación de la boquilla y diámetro de varilla adecuados, preparación de los bordes de las piezas a soldar y manejo correcto de llama y varilla. El soldador de oxiacetilénica también puede hacer el corte con llama, mediante el empleo de un dispositivo de corte y sobre presión de oxígeno, denominado "oxicorte" o corte con llama para cortar diversos metales al tamaño y forma adecuados o para eliminar el material sobrante en piezas de fundición.

El trabajo del soldador por arco consiste en establecer el arco eléctrico en un extremo de la junta a realizar y mantenerlo, para conseguir la fusión de los bordes de las piezas y del electrodo. El metal fundido procedente del extremo del electrodo se deposita entre las piezas y junto con el que resulta de la fusión de los bordes forma el baño de fusión.

Este al solidificar, da lugar a una conexión limpia y uniforme. El soldador por arco debe seleccionar el electrodo adecuado para cada trabajo, o ser capaz de seguir las instrucciones establecidas en las especificaciones: leer símbolos de soldadura y realizar cualquier tipo de costura utilizando la técnica adecuada, es decir, soldadura en techo, en horizontal, etc.

En el campo de la soldadura por arco los procedimientos que utilizan una protección gaseosa tienen un prestigio reconocido considerándose incluso superiores al método clásico de electrodos revestidos. En estos procedimientos de soldeo, tanto el arco como el baño de fusión están rodeados por un gas protector. Esta protección gaseosa evita la contaminación atmosférica, con lo que se consigue una soldadura muy limpia. Esos procedimientos, que se conocen como soldadura TIG y soldadura MIG, las cuales se pueden aplicar automáticamente.



La soldadura por resistencia, es el resultado de la aplicación de calor y presión. Para unir un par de piezas metálicas empleando este método, se sitúan estas entre dos electrodos, y a través de estos se establece una corriente de gran intensidad, bajo un pequeño voltaje, y los materiales debido a su propia resistencia, se calientan hasta alcanzar el estado plástico. Una vez interrumpida la corriente, se completa la soldadura por aplicación de una presión a las piezas.

Las misiones del soldador son las de ajustar la corriente, la presión y los tiempos de alimentación adecuados para cada material a soldar. También es responsable de la alineación correcta de las piezas a ensamblar, así como de controlar el paso de éstas a través de las máquinas de soldar.

#### **7.1.4. Clasificación Básica de los Aceros al Carbono**

Los aceros al carbono son aquellos en los que el carbono es el único elemento de aleación. El contenido en este elemento es el que determina la dureza, la resistencia y la ductilidad. Cuanto mayor es el contenido de carbono, mayor es la resistencia y la dureza. Por el contrario, a medida que disminuye el carbono, aumenta la ductilidad del acero.

De acuerdo con su contenido en carbono, los aceros al carbono se clasifican en carbonos de bajo, medio, alto y muy alto contenido de carbono.

##### **a) Aceros de bajo contenido de carbono**

Contienen entre el 0.05 y el 0.30 % de carbono. Son tenaces, dúctiles y fáciles de mecanizar, conformar y soldar. La mayoría de ellos no responden a los tratamientos térmicos, salvo a los de endurecimiento superficial. Al esmerilarlos desprenden un haz de chispas blancas, con escasas ramificaciones.

##### **b) Aceros de medio contenido en carbono**

Contienen entre el 0.30 y el 0.45 % de carbono. Son resistentes y duros, pero no se pueden trabajar o soldar con tanta facilidad como los aceros de bajo contenido de carbono. Admiten tratamientos térmicos.



Para soldarlos con buenos resultados, deben utilizarse electrodos especiales y hay que tomar medidas para evitar la formación de fisuras en la zona de soldadura y sus inmediaciones. Desprenden chispas más numerosas y brillantes, pero de menor longitud.

c) Aceros con alto y muy alto contenido de carbono

Los primeros contienen entre el 0.45 y el 0.75 % de carbono, y los segundos desde el 0.75 al 1.70 % de carbono. Tanto unos como otros, responden muy bien a los tratamientos térmicos. Requieren el empleo de electrodos especiales, precalentamiento y tratamientos para eliminación de tensiones. Normalmente no se practica la soldadura en los aceros de muy alto contenido en carbono. Se reconocen fácilmente por sus chispas blancas, cortas, brillantes y con numerosas ramificaciones.

Resumiendo:

Con un mayor contenido de carbono se elevan las siguientes propiedades:

- Resistencia a la tracción
- Dureza
- Templabilidad
- Fragilidad

Pero también disminuyen las siguientes propiedades

- Elongación
- Soldabilidad
- Ductibilidad

**7.1.5. Efectos del Calor Aplicado Durante el Proceso de Soldadura.**

En la soldadura pueden producirse enfriamientos muy rápidos de algunas zonas, lo que puede producir puntos duros, los cuales pueden ser origen de fisuras o grietas en el cordón. Además, hay que tener en cuenta que mientras una zona de la pieza se encuentra en estado de fusión, el resto de la misma tiene temperaturas variables entre amplios límites: desde zonas que están a una temperatura próxima a la de fusión hasta otras que se mantienen a temperatura ambiente. Esto implica que mientras en unas zonas la estructura cristalina está totalmente rota o a punto de romperse, en otras se está iniciando la recristalización.



Cuando se sueldan aceros de alto contenido en carbono, si no se toman las medidas para evitar los cambios de estructura, bien sea mediante calentamientos previos o disminuyendo el velocidad de enfriamiento, la soldadura quedará demasiado frágil, por lo que la pieza será prácticamente inservible.

Si se suelda una pieza de acero de gran elasticidad por ejemplo un resorte, el calor aplicado durante la soldadura puede disminuir la elasticidad, con lo que se inutiliza la pieza. También hay que tener en cuenta que si se suelda una pieza endurecida por temple, la soldadura, normalmente, disminuye la dureza de la misma. En muchos casos, una vez realizada la soldadura, hay que someter las piezas a un tratamiento térmico que les devuelva sus características iniciales.

Es evidente que para soldar cualquier acero aleado o de elevado contenido en carbono, hay que conocer muy bien los efectos del calentamiento y el enfriamiento.



## 7.2. Tipos de Uniones y Soldaduras (juntas).

### 7.2.1. Tipos de Uniones

Para elegir un tipo de unión se debe tener en cuenta numerosos factores, entre los que podemos citar los siguientes: costo de preparación, facilidad de acceso, adaptabilidad al producto que se trata de fabricar y tipo de cargas que debe soportar la soldadura. Los cinco tipos básicos de uniones utilizadas en la soldadura son:

- La unión a tope
- Uniones a solape
- Uniones en ángulo interior (rincón)
- Uniones en ángulo exterior (esquina)
- Uniones sobre cantos

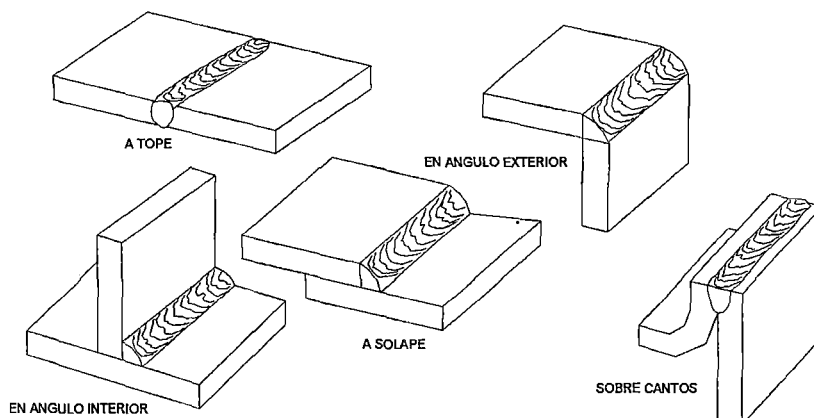


Figura N°7-1 TIPOS BASICOS DE UNIONES



Cada una tiene ventajas y limitaciones, y el soldador es quien debe conocer unas y otras, puesto que, en muchos casos, la efectividad de la soldadura depende tanto del tipo de unión como de la habilidad para depositar un cordón de calidad.

### 7.2.1. Tipos de Soldaduras (juntas)

Sobre las distintas uniones de se pueden realizar las siguientes tipos de soldaduras:

- Soldadura de recargue
- Soldadura mediante cordones en ángulo
- Soldadura a tope
- Soldadura entalla o de tapón.

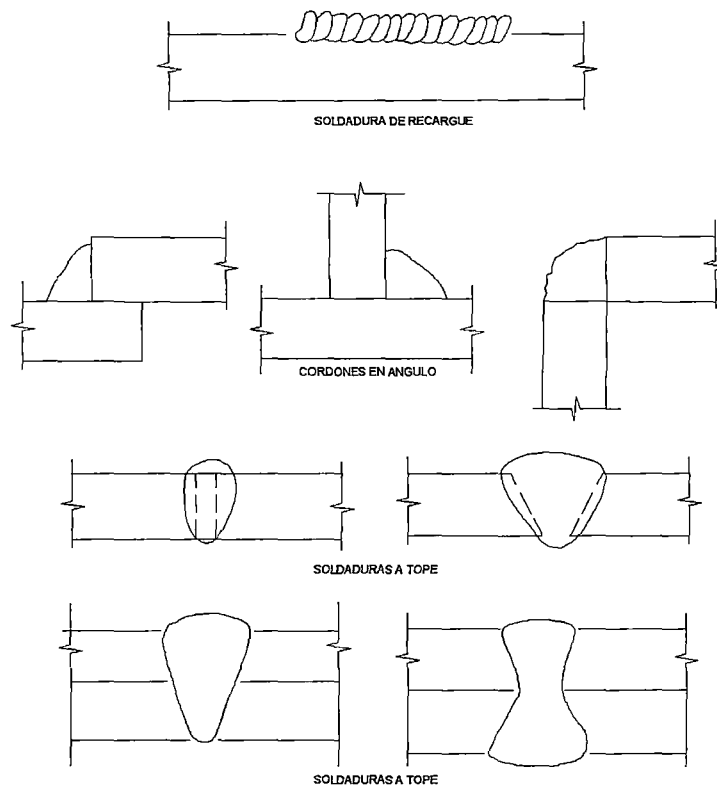


Figura N°7-2 TIPOS DE SOLDADURAS

#### a) Soldadura de recarque

Consiste en depositar una o más capas de material de aportación, mediante cordones o pasadas, sobre una superficie continua, con vistas a conseguir unas dimensiones o características superficiales determinadas.



b) Soldadura mediante cordones en ángulo

Es la que más se emplea para conseguir uniones a solape, en ángulos interior y en ángulo exterior. El cordón presenta una sección aproximadamente triangular y se deposita entre dos superficies formando ángulo recto.

c) Soldadura a Tope

Es la que se deposita en el espacio que queda entre las piezas a soldar, que están dispuestas una a continuación de la otra. Según la preparación de los bordes se pueden distinguir las siguientes soldadura a tope: con bordes rectos, con bordes en "V", en "X", en "U", en doble "U", en "J", en doble "J", etc.

d) Soldadura de Entalla o de Tapón

Se emplean para enlazar piezas solapadas mediante el depósito de cordones en el interior de ranuras o agujeros realizados sobre una de las piezas. Tanto por su disposición como por su comportamiento, son muy parecidas a los remaches.

En la elección del tipo de junta más adecuada para cada trabajo, hay que tener en cuenta numerosos factores. Aunque el responsable directo en la determinación de la junta es el ingeniero, el soldador comparte la responsabilidad por se él, el encargado de ejecutar el trabajo. En general, se pueden citar cinco consideraciones para la selección de cualquier junta soldada:

- Tener en cuenta si el esfuerzo es de tracción, compresión, flexión, fatiga o de choque.
- Considerar si la carga es estática, de impacto o variable
- Dirección de la carga con relación a la junta
- Espesor de las piezas
- Costo de preparación de la junta





### 7.2.3. Geometría de la Junta

La geometría adecuada de la junta se basa en los siguientes principios:

- a) La preparación debe ser uniforme a lo largo de toda la junta. En las uniones a solape y en la mayor parte de uniones en ángulo, las piezas deben acoplarse firmemente, sin separación, en toda su longitud. En las uniones a tope debe vigilarse la uniformidad de chaflanes y separaciones. Cualquier falta de uniformidad en la separación obligará al soldador a disminuir la velocidad de soldeo y a modificar la técnica operatoria para adaptarse a la distinta preparación.
- b) Para conseguir un cordón de forma correcta y con la penetración adecuada es fundamental trabajar con un ángulo de chaflán suficiente. Un ángulo insuficiente dificulta la entrada del electrodo hasta el fondo de la junta. Una junta profunda y estrecha puede quedar con falta de penetración, siendo además muy sensible a la fisuración.
- c) Una abertura excesiva desperdicia material de aportación. Dado que el material de aportación, tanto en forma de electrodos como de alambres, es relativamente caro, cualquier aumento del ángulo de los bordes con relación a los valores recomendables supone un aumento del costo de fabricación por dos conceptos: un mayor consumo de material de aportación y mayor tiempo para depositarlo.
- d) Para conseguir una penetración completa es necesario dejar una separación suficiente. Una junta soldada sin una penetración adecuada no será capaz de soportar las cargas que se le apliquen. Aunque la penetración correcta depende en gran medida de la habilidad del soldador, es siempre fundamental el preparar los bordes con una separación adecuada.
- e) Para conseguir una unión de calidad con una buena velocidad de soldeo, deben prepararse los bordes con un talón de unos 3 mm o en caso contrario, utilizar un soporte por el reverso. Los preparativos sin talón hacen más lenta y costosa la ejecución del cordón de penetración. Sin embargo en la uniones a tope con borden en "X" se puede, facilitar la preparación prescindiendo del talón y compensándolo con una separación de bordes algo menor (en vez de dejar 3 mm, dejar unos 2).



7.2.4. Posiciones de Soldadura Según la Norma DIN – 6947

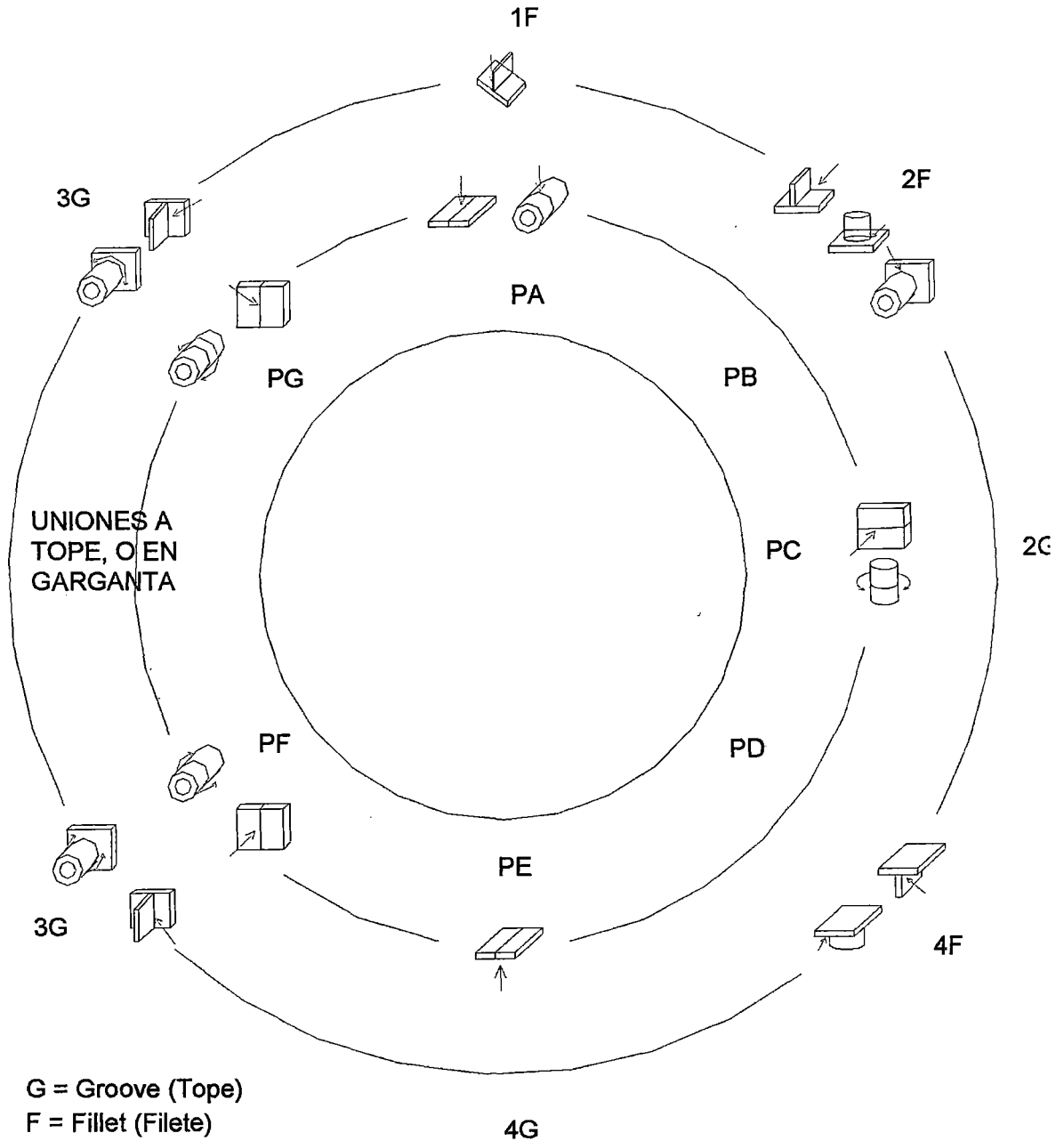


Figura N°7-3 Posiciones de Soldadura según norma DIN 6947



### **7.3. Electrodo Revestido**

---

Un electrodo es una varilla metálica, de composición aproximada a la del metal de soldar y recubierta con una sustancia que recibe el nombre de revestimiento. Cuando se establece una corriente a través del circuito de soldadura, salta un arco eléctrico entre el extremo del electrodo y la pieza. Este arco provoca la fusión del electrodo y del metal base. El metal fundido procedente del electrodo cae en el cráter originado por la fusión del metal y se forma el baño de fusión. Este al solidificar, da lugar al cordón de soldadura que establece la unión entre las dos piezas.

No solo se fabrican electrodos para el soldeo de distintos materiales, sino que además, se cuenta con electrodos para soldar con corriente continua y para soldar con corriente alterna. Algunos electrodos funcionan igualmente con los dos tipos de corriente. Además, también se fabrican electrodos para soldar en determinadas posiciones. Por ejemplo, algunos sólo se adaptan al soldeo en horizontal: otros son adecuados para soldar en horizontal y en cornisa, y por último algunos que sirven para soldar en todas las posiciones.

#### **7.3.1. Tipos de Revestimiento**

Los electrodos revestidos llevan recubrimientos relativamente gruesos, a base de sustancias tales como celulosa, silicato sódico, silicato potásico, óxido de titanio (rutilo), óxidos de hierro, hierro en polvo y otros diversos ingredientes.



Cada una de estas sustancias esta incluida en el revestimiento para que desarrolle una determinada función durante el proceso de soldeo.

Los tipos de revestimiento elementales son los siguientes:

Nomenclatura	Tipo	Componente Principal
A	Ácido	Oxido de Silicio SiO <sub>2</sub>
B	Básico	Carbonato de Calcio CaCO <sub>3</sub>
C	Celulósico	Celulosa (C H O)
R	Rutílico	Oxido de Titanio TiO <sub>2</sub>

Existen combinaciones y en la mayoría de los casos estos elementos intervienen en distintas proporciones, obteniéndose así las siguientes mezclas:

RR	Doble rutílico
AR	Ácido rutílico
R (C)	Rutílico – celulósico
B (R)	Básico – rutílico
RR (B)	Rutílico – básico

Algunos revestimientos contienen polvo de hierro que al fundir el electrodo, pasa a formar parte del metal depositado. Este polvo de hierro incrementa las velocidad de aportación y contribuye a conseguir cordones de mejor aspecto.

Existe también otro grupo de electrodos, conocidos como electrodos de bajo hidrógeno, cuyos revestimientos contienen cantidades de caliza y otras sustancias pobres en hidrógeno, tales como fluoruro cálcico, carbonato cálcico, silicatos de aluminio y magnesio y ferroaleaciones. Estos electrodos se utilizan en la soldadura de aceros con alto contenido en azufre o carbono, pues estos elementos presentan una gran afinidad por el hidrógeno, que de incorporarse a la soldadura produce porosidades y aumenta el riesgo de rotura frágil.



### 7.3.2. Funciones del Revestimiento

Entre las funciones más importantes del revestimiento tenemos:

- Actuar como agente limpiador y desoxidante del baño de fusión.
- Liberar gases inertes que protejan el baño de fusión contra la oxidación y nitruración atmosférica, tanto el oxígeno como el nitrógeno, si entran en contacto con el metal fundido debilitan considerablemente la soldadura. Por tanto es importante evitar este tipo de contaminación.
- Formar sobre el metal depositado una capa de escoria que lo proteja hasta que haya enfriado lo suficiente para que no pueda ser contaminado por la atmósfera que lo rodea. Además, la escoria también, disminuye la velocidad de enfriamiento del metal depositado, lo que conduce a una soldadura más dúctil.
- Facilitar el cebado y el mantenimiento del arco y reducir las proyecciones, manteniendo un arco estable. Permitir una mejor penetración, formando un cono que actúa como cañón para dirigir el metal fundido y poder soldar en posiciones difíciles, elevando la calidad de soldadura.
- Compensación de elementos de aleación que se pierden al quemarse con el arco voltaico.

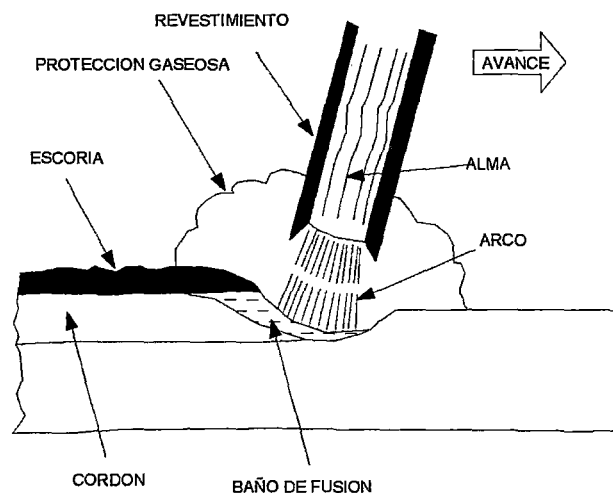


Figura N°7-4 Sección longitudinal de un electrodo revestido



### 7.3.3. Rendimiento de las Varillas de Electrodo

El rendimiento de los electrodos esta en función del peso del núcleo de la varilla y del tipo de revestimiento que esta posee, ya que como mencionamos anteriormente algunos revestimientos poseen hierro en polvo que pasa a formar parte del material depositado, obteniéndose de este modo un mayor rendimiento.

Con fines prácticos y para cuantificar costos, se considera que por cada kilogramo de electrodos revestidos solo el 60 % se transforma en material depositado, y el 40 % restante se transforma en escoria y colillas. Es decir que si necesitamos un kilogramo de material depositado debemos comprar 1.67 kg. de electrodos.

### 7.3.4. Norma AWS

En principio todos los electrodos vienen marcados con el nombre comercial que les asigna el fabricante. Puesto que estos nombres no están sujetos a ninguna norma, resulta difícil establecer comparaciones entre distintas marcas de electrodos.

Es por ello y con vistas a asegurar un cierto grado de uniformidad en la fabricación de electrodos, la American Welding Society (AWS) y la American Society for Testing of Materials (ASTM) han establecido una serie de requerimientos para los electrodos así como una serie de normas para su designación. De esta modo, los electrodos de distintos fabricantes que se mantengan dentro de las clasificaciones establecidas por la AWS y ASTM, deben poseer características idénticas.

En esta clasificación, a cada electrodo se le asignan una serie de símbolos específicos, tales como E-6010, E-7010, E-8010, etc.

El prefijo "E" identifica a un electrodo para soldadura por arco manual. Las dos primeras cifras nos indican la resistencia a tracción mínima del metal depositado, en miles de libras por pulgada (PSI)<sup>1</sup>. Por ejemplo, la serie 60 de electrodos deposita un material cuya resistencia a tracción es de, al menos 60000 PSI, la serie 70 da una resistencia a tracción de, al menos 70000 PSI, etc.

---

<sup>1</sup> 1000 PSI = 70 kg/cm<sup>2</sup>



La tercera cifra nos indica las posiciones de soldeo para las que es apto el electrodo. Un "1" nos indica que puede utilizarse en todas las posiciones. Un "2" que el electrodo debe utilizarse a las soldaduras en horizontal y en cornisa y un "3", que el electrodo sólo puede aplicarse para el soldeo en horizontal.

La cuarta cifra determina alguna característica específica del electrodo, tal como tipo de revestimiento, calidad de la soldadura, exigencias eléctricas y poder de penetración. Esta cuarta cifra puede tomar los valores 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 u 8 y su significado se puede apreciar en la siguiente tabla.

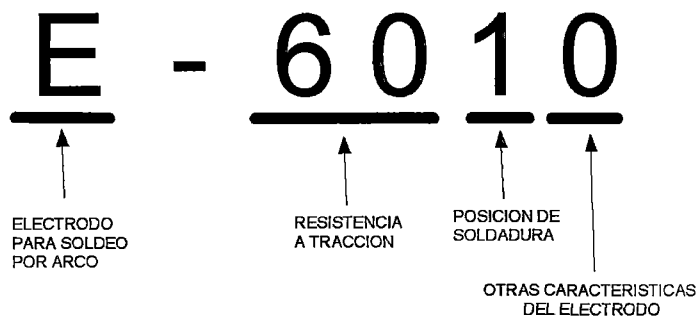
<b>Cuarta Cifra</b>	<b>Revestimiento</b>	<b>Corriente de Soldadura</b>	<b>Características de la Soldadura</b>
0	Celulosa con silicato sódico	CC+	Penetración profunda. Cordón plano o cóncavo. Fusión rápida
1	Celulosa con silicato potásico	CA, CC+	Penetración profunda. Cordón plano o cóncavo. Fusión rápida
2	Rutilo con sales de sodio	CA, CC-	Penetración media. Cordón convexo. Gota fría.
3	Rutilo con sales de potasio	CA, CC+, CC-	Penetración media. Cordón convexo. Gota fría.
4	Rutilo con polvo de hierro	CA, CC+, CC-	Penetración media. Gran velocidad de aportación.
5	Básico con sales de sodio	CC+	Penetración moderada. Cordón cóncavo. Soldadura de aceros con bajo contenido de carbono y alto azufre.
6	Básico con sales de potasio	CC+, CA	Penetración moderada. Cordón convexo. Sueldeo de aceros con alto contenido en C y alto en S
7	Con polvo de hierro y óxidos de hierro	CA, CC+, CC-	Penetración media. Cordones planos. Gran aportación.
8	Básico con polvo de hierro	CA, CC+	Penetración ligera o media. Cordón convexo. Gran aportación.
CC + = corriente continua con polaridad inversa (+ al electrodo) CC - = corriente continua con polaridad directa (- al electrodo) CA = corriente alterna			



Adicionalmente la norma señala otros requerimientos de los electrodos en cuanto a características físicas, análisis químico, requisitos radiográficos, etc, que deben cumplir los depósitos de soldadura efectuados con estos electrodos.

El sufijo (ejemplo E XXXX – A1) indica el porcentaje de aproximado de aleación en el depósito de soldadura:

A1	0.50% Mo
B1	0.50% Cr 0.50% Mo
B2	1.25% Cr 0.50% Mo
B3	2.25% Cr 1.00% Mo
B4	2.00% Cr 0.50% Mo
B5	0.50% Cr 1.00% Mo
C1	2.50% Ni
C2	3.25% Ni
C3	1.00% Ni 0.35% Mo 0.15% Cr
D1 Y D2	0.25 – 0.45% Mo 1.75% Mn







### **7.3.5. Elección del Electrodo Adecuado**

El electrodo ideal es aquel que suministra una buena estabilidad de arco, un cordón de soldadura liso y bien presentado, una buena velocidad de depósito, escasez de proyecciones, máxima resistencia y fácil eliminación de escoria. Para alcanzar estas características hay que considerar diversos factores a la hora de seleccionar un electrodo.

#### **a) Características del material Base:**

Una soldadura de buena calidad debe tener tanta resistencia como el metal base. Esto quiere decir que debe utilizarse un electrodo que deposite un material con las mismas características mecánicas que el material base.

#### **b) Diámetro del electrodo**

Como regla general, no deben utilizarse nunca electrodos de diámetro superior al espesor de las piezas a soldar. Algunos soldadores prefieren los diámetros grandes debido a que permiten conseguir mayores depósitos sin interrupción, lo que aumenta la velocidad de soldeo. Sin embargo, este tipo de electrodos exige mayor habilidad. Por ejemplo, para depositar una cierta cantidad de material con electrodos para aceros ordinarios, de 6 mm de diámetro, se emplea, aproximadamente, la mitad de tiempo que si el trabajo se realizara con electrodos del mismo tipo pero de diámetro 4 mm. Los grandes diámetros nos sólo permiten el empleo de mayores intensidades de corriente, sino que además disminuyen el número de paradas para cambiar el electrodo. De acuerdo con esto, desde el punto de vista de la economía, siempre es recomendable el empleo del mayor diámetro posible que sea compatible con el trabajo a realizar.

El diámetro del electrodo también está influenciado por la geometría de la junta. Así, para depositar el cordón de penetración en uniones a tope, de espesores fuertes, con preparaciones en "V" de pequeña abertura, se emplean siempre electrodos de pequeño diámetro. Esto se hace para facilitar la penetración hasta el fondo de la junta.



c) Tipo de junta y preparación de bordes

Las uniones con una abertura de chaflán insuficiente exigirán el empleo de electrodos de gota relativamente caliente y con gran poder de penetración. Los electrodos que reúnen estas características suelen exigir una mayor habilidad del soldador.

Por el contrario, para preparaciones con bordes muy separados, será conveniente el empleo de electrodos de penetración media y de gota más fría, para que se quede fácilmente entre los bordes.

d) Posición de Soldadura

La posición de soldadura es uno de los factores más importantes en la elección de un electrodo. Algunos electrodos dan mejores resultados cuando se aplican en horizontal. Otros, por el contrario, están diseñados para soldeo vertical, cornisa o techo.

e) Corriente de Soldadura

Hay electrodos que sólo funcionan en corriente continua con una polaridad determinada. Otros funcionan bien en corriente continua y en corriente alterna.

f) Rendimiento de Trabajo

La velocidad de aportación es un factor muy importante en cualquier trabajo de producción. Cuanto mayor es la velocidad de soldadura, menor es el costo. Aunque incrementar la intensidad de corriente aumenta la velocidad de aportación, no todos los electrodos están preparados para dar una gran velocidad de aportación con cordones en buenas condiciones. Si esta gran velocidad se intenta conseguir con un electrodo que no sea el adecuado, el soldador encontrará dificultades y la soldadura no quedará con buenas características.



g) Condiciones de Servicio

Los requerimientos en servicio de la pieza que se trata de soldar, pueden demandar una soldadura de especiales características. Por ejemplo, gran resistencia a la corrosión, gran ductilidad o elevada resistencia a tracción. En estos casos los electrodos deben seleccionarse para responder a esas características específicas.

**7.3.6. Regulación del Amperaje**

Para regular el amperaje de trabajo de un electrodo debemos observar la designación normalizada, donde se indica la clase de corriente, que puede ser corriente continua con polaridad directa o inversa (CC + o CC –), o corriente alterna (CA).

Como paso siguiente debemos verificar el diámetro del alma del electrodo, puesto que cada diámetro posee un rango de amperaje recomendado

Asimismo debemos verificar la posición de trabajo, indicada en la tercera cifra, de la designación del electrodo, puesto que según la posición podemos variar la intensidad dentro del rango de amperaje recomendado.

En los trabajos de soldadura desarrollados en las diversas aplicaciones de las estructuras espaciales compuestas, hemos empleado únicamente soldadura SUPERCITO, es por ello que a continuación presentamos una tabla que muestra la regulación del amperaje correspondiente.

**SUPERCITO (designación normalizada = E – 7018)**

Es decir que trabaja con corriente continua con polaridad directa (CC +) o con corriente alterna (CA), posee un revestimiento básico con polvo de hierro, de penetración ligera a media, de cordón convexo y de gran aportación, además se puede utilizar en cualquier posición.



Los diámetros de fabricación y rangos de amperaje recomendados son los siguientes

<i>Díámetro (mm)</i>	<i>Amperaje (A)</i>
2.00	45 – 60
2.50	60 – 85
3.25	90 – 160
4.00	110 – 230
5.00	160 – 310
6.30	230 – 410

<i>Posición de Soldadura</i>	<i>Amperaje</i>		
	<i>Límite Inferior</i>	<i>Valor Normal</i>	<i>Límite superior</i>
Plana	↓		
Horizontal			↓
Vertical Ascendente	↓		
Transversal		↓	
Sobre Cabeza	↓		

### 7.3.7. Variación de la Tensión de Trabajo con la longitud del Arco Voltaico

Al momento de soldar la longitud de arco voltaico varía debido al consumo del electrodo y a las irregularidades de la superficie del material que se está soldando. Por eso es necesario que el soldador tenga un buen pulso para dirigir uniformemente el electrodo, conservando así una longitud de arco casi constante.

#### a) Arco Voltaico Normal

Para conseguir un arco voltaico normal aproximadamente igual al diámetro del núcleo

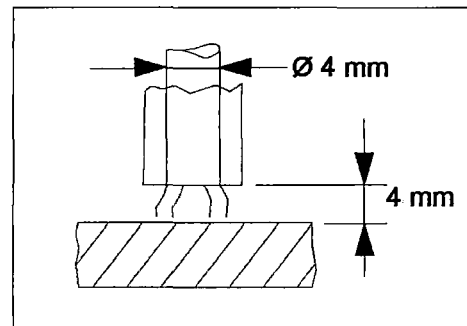
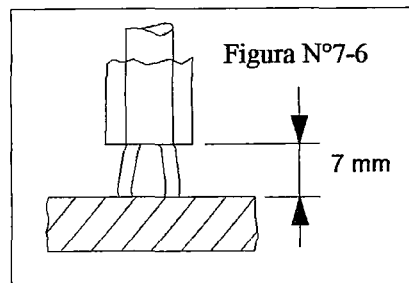


Figura N°7-5



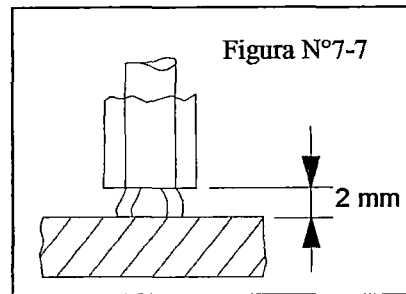
**b) Arco Voltaico Largo**

Este tipo de arco produce mucho calor (figura



**c) Arco Voltaico Corto**

Este tipo de arco produce poco calor  
(figura N°7-7)



**7.3.8. Defectos en la Soldadura y sus Posibles Causas**

**a) Ranura de Penetración**

- Por una alta densidad de corriente para soldar
- Por una posición muy empinada del electrodo
- Por una arco voltaico muy largo  
(figura N°7-8)

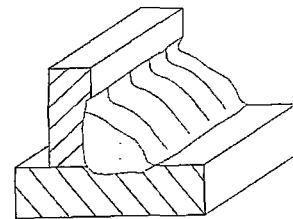


Figura N°7-8

**b) Inclusiones de Escoria**

- Por una baja intensidad de corriente para soldar
- Por una alta velocidad en la soldadura
- Al soldar sobre restos de escoria en cordones de soldadura de varias capas  
(figura N°7-9)

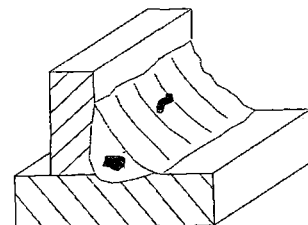


Figura N°7-9



c) inclusiones de Gas (Poros)

- En superficies sucias de las piezas (óxidos, gras, materias de revestimiento)
- Por un arco voltaico largo
- Al no secarse suficientemente los electrodos de revestimiento basico (figura N°7-10)

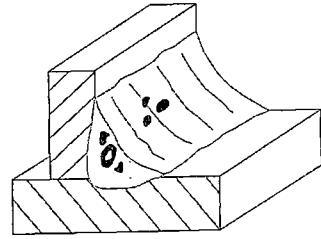


Figura N°7-10

d) Cráter Final

- Por un alejamiento rápido del electrodo del baño de fusión, especialmente en altas intensidades de corriente para soldar.
- Peligro de grietas de contracción (figura N°7-11)

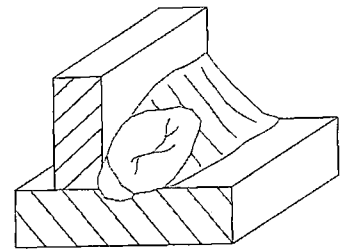


Figura N°7-11

e) Grietas en la Transición del Cordón de Soldadura

- En material no apto para soldarse
- Por un enfriamiento rápido después de soldar
- Enfriamiento brusco, temple
- Materiales con mucho carbono o azufre (figura N°7-12)

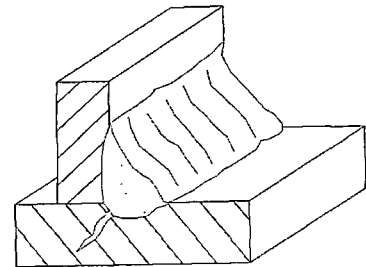


Figura N°7-12

f) Defecto en la Raíz del un Cordón de Soldadura

- Penetración de escoria en la zona de la raíz por grandes distancias entre las superficies frontales de las piezas. (figura N°7-13)

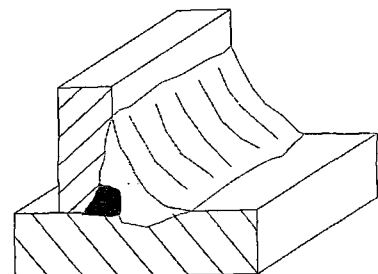


Figura N°7-13



#### ***7.4. Seguridad y Protección contra Accidentes en la Soldadura***

---

¿Ha oído usted alguna vez el dicho "algunas personas son propensas a los accidentes"?, esto implica que los accidentes parecen perseguir a algunos individuos, independientemente de lo que éstos hagan, como si estuviesen señalados por una desgracia. La realidad es que no hay personas propensas a los accidentes y éstos se producen simplemente por la falta de cuidado o por indiferencia hacia las normas de seguridad.

Cada año, miles de personas sufren el azote de los accidentes por no utilizar el sentido común. De manera que la seguridad puede considerarse como un hábito, como una forma de comportamiento.

Es por ello que el propósito fundamental de esta sección es, simplemente, el de alertar sobre algunas de las precauciones generales que deben seguirse para el empleo de la soldadura.

##### ***7.4.1. Partes de un Accidente***

Siempre que ocurre un accidente, por pequeño que éste sea, hay que realizar un informe sobre el mismo. Incluso un pequeño rasguño puede conducir a una infección, o una diminuta partícula puede traer consigo serias lesiones en la vista. Normalmente, una puntal atención a cualquier accidente, minimizará unas consecuencias que, en otro caso, podrían llegar a ser graves.



Generalmente, en todos los sitios donde se realiza un trabajo físico, sea en un centro de aprendizaje, en una industria dedicada a la producción o una construcción como nuestro caso, está establecido un procedimiento bien definido para confeccionar el parte de accidentes. Dado que este parte se realiza en interés del accidentado, es arriesgado el ignorarlo o el tratar de evitarlo. En consecuencia, todos deben estar completamente informados sobre qué se debe hacer en estos casos, para actuar correctamente cuando sucede un accidente.

#### **7.4.2. Comportamiento en el Trabajo. Obligaciones del Empresario y del Trabajador**

En alguna ocasión podemos estar tentados a distraernos mediante alguna broma inofensiva. En el taller, cualquier forma de broma es peligrosa y puede conducir a un accidente. Existen numerosas experiencias en las que juegos aparentes inofensivos terminaron en serias lesiones. La mayor parte de las áreas de trabajo son razonablemente seguras si se trabaja con las debidas precauciones, pero esta seguridad se pierde cuando se abandona la actitud correcta.

##### **a) Obligaciones del Empresario**

Dotar al taller y a los puestos de trabajo con todos los instrumentos, equipos, prendas e implementos que sean imprescindibles para proteger a su personal y para la seguridad de sus equipos. El posible ahorro en los gastos de seguridad industrial, puede significar un mayor riesgo de accidentes con el consiguiente incremento de los gastos de atención médica, daños irreparables contra la salud, posibles gastos de sepelio y compromisos legales por negligencia.

##### **b) Obligaciones del Trabajador**

Hacer un correcto uso de todos los implementos de seguridad existentes para su misma integridad física.

Cuidado y manejar correctamente las maquinas, herramientas y equipos que estén bajo su responsabilidad.

Velar por la seguridad de la empresa y de sus compañeros. El trabajo en equipo requiere, comprensión y respeto mutuo.





Respetar las reglas de seguridad en el taller, en el puesto de trabajo y en todo lugar donde realice su labor o desempeñe su oficio.

#### **7.4.3. Familiarización con el Equipo de Soldadura**

No debe utilizarse nunca ningún tipo de equipo de soldadura sin haber recibido anteriormente instrucciones exactas sobre su correcto manejo. Los métodos recomendados por los fabricantes son muy importantes y deben seguirse siempre. Intentar utilizar un equipo sin disponer de las instrucciones correspondientes, no sólo hace peligrar al equipo, sino que puede acarrear serios accidentes. Los equipos de soldadura, de todo tipo, son siempre seguros si se utilizan correctamente.

Una recomendación importante cuando se trabaja con un equipo de soldadura es la de no intentar nunca reparar las averías sin consultar previamente con el personal especializado. Esto es aplicable al amplio campo de accesorios, desde una fuga en una manguera de gas, hasta un cable suelto en un generador de soldeo. El jefe de la sección (para nuestro caso el ingeniero residente) debe conocer la anomalía y suya es la responsabilidad de decidir la acción a desarrollar en cada caso.

#### **7.4.4. Efectos Dañinos de la Corriente Eléctrica**

Dependiendo de la corriente eléctrica que circula por el cuerpo humano, y de la duración de la misma, los accidentes por electrocución pueden ser los siguientes:

- Descarga eléctrica
- Agarrotamiento muscular (cerebro driblado)
- Paro cardíaco y/o respiratorio
- Muerte por convulsiones cardiovasculares.
- Quemaduras



#### **7.4.5. Ventilación**

Debido a la alta temperatura del arco voltaico, algunos componentes del material de aporte, de los fundentes y de la superficie de las piezas a unir se evaporan y se queman formando humos y vapores. Estos gases contienen sustancias contaminantes. La única protección contra este peligro es una buena ventilación manual o artificial.

Es por ello que todas las soldaduras debe hacerse en áreas bien ventiladas. Tiene que haber el suficiente movimiento de aire para evitar la acumulación de humos tóxicos o las posibles deficiencias de oxígeno.

La ventilación adecuada llega a ser extremadamente crítica en espacios cerrados en los que los humos, gases y polvo son capaces de acumularse.

Donde se vayan a realizar grandes cantidades de soldadura es necesario prever un sistema de ventilación que mantenga el contenido de gases tóxicos por debajo de los límites prescritos por sanidad. Un sistema adecuado y exhaustivo es especialmente necesario cuando se suelda o se corta cinc, latón, bronce, plomo, cadmio, berilio o metal antifricción. Los humos procedentes de estos metales son tóxicos y pueden resultar muy peligrosos para la salud.

En algunos casos incluso con la ventilación adecuada, es conveniente el empleo de una careta antigás cuando se sueldan metales que desprendan gases tóxicos.

#### **7.4.6. Protección Corporal**

En cualquier operación de soldadura se desprenden proyecciones y peligrosas radiaciones ultravioleta e infrarroja. En consecuencia, deben utilizarse ropas y protecciones visuales adecuadas.

Las proyecciones y radiaciones pueden producir serias quemaduras, y lesiones extremadamente graves para la vista.



Es por ello que el soldador debe hacer un correcto uso de los siguientes equipos de protección personal:

- Máscaras de soldar con luna polarizada.
- Ropa de trabajo, preferible de algodón, no usar prendas de material sintético
- Mandil de cuero
- Casaca de cuero para soldar de sobre cabeza
- Escarpines de cuero
- Guantes para soldador, con mangas
- Zapatos de seguridad, con suela aislante y punta de acero

**a) Máscara de Protección:**

La máscara de protección está hecha de fibra de vidrio prensada, y tiene una mirilla en la cual se coloca un vidrio neutralizador y los vidrios protectores de éste. Se usa para resguardar los ojos y para evitar quemaduras en la cara.

**Tipos:**

En mascararas de soldar hay diferentes diseños. También hay máscaras combinadas con un casco de seguridad para realizar trabajos en construcciones y con adaptación para proteger la vista cuando haya que limpiar la escoria. Las pantallas de mano tienen aplicación en trabajos de armado y punteado por soldadura, su uso no es conveniente en trabajos de altura o donde el operario requiera la sujeción de piezas o herramientas.

**Condiciones de Uso:**

Las máscaras deben usarse con la ubicación y cantidad requerida de vidrios. El vidrio inactínico debe ser seleccionado de acuerdo al amperaje utilizado. Debe mantener la buena visibilidad cambiando el vidrio protector, cuando éste presente exceso de proyecciones. Evite las filtraciones de luz en la máscara. Esta no debe se expuesta al calor ni golpes. Deben ser livianas y su cintillo ajustable para asegurarla bien a la cabeza, a fin de emplearla con comodidad.

**b) Mandil del Cuero (delantal)**

Es de forma común o con protector para piernas. Su objetivo es proteger la parte anterior del cuerpo y las piernas hasta las rodillas.



c) Casaca de Cuero

Se utiliza para proteger especialmente los brazos y parte del pecho. Su uso es frecuente cuando se realizan soldaduras en posición vertical.

d) Escarpines de Cuero o Polainas

Este elemento se utiliza para proteger parte de la pierna y los pies del soldador.

e) Guante de Soldador

Son de cuero o asbestos y su forma varía según el uso. Los guantes de asbestos justifican su uso solamente en trabajos de gran temperatura. Debe evitarse tomar piezas muy calientes con los guantes ya que éstos se deforman y pierden su flexibilidad.

El mandil, la casaca, los escarpines y los guantes están compuestos por cueros surtidos, flexibles, livianos y tratados con sales de plomo para impedir las radiaciones del arco eléctrico.

#### **7.4.7. Primeros Auxilios**

Los primeros auxilios no pueden sustituir al tratamiento médico. Sin embargo para casos de accidentes, la recuperación y la vida de las personas afectadas dependen de la inmediata intervención de alguien que brinde los cuidados primarios, mientras que el auxilio médico no puede asistir a los heridos.

Medidas de Atención Inmediatas en el lugar del Accidente:

a) Heridas

Cubra las heridas con gasa esterilizada y vendas limpias. En caso de hemorragias aplique presión local en la herida o presión digital en la arteria que ubique mas cerca de la herida. Si es necesario aplique un torniquete. Las heridas no deben manipularse. Si hay fractura procurar inmovilizar al paciente, el traslado hasta el centro asistencial debe efectuarse con sumo cuidado.



b) Ojos

Para aliviar la irritación en de ojos use colirios adecuados. En caso de heridas u/o quemaduras, cubra ambos ojos con vendas limpias y frescas. Cuando los ojos hayan sido afectados por ácidos, enjuáguelos con abundante agua limpia, no use agua con boro ni con otras sales minerales.

c) Quemaduras de la Piel

Enfríe las zonas quemadas con chorro de agua, o sumerja totalmente las zonas quemadas hasta calamar el dolor. Cubra las heridas quemadas con vendas esterilizadas. No use ungüentos de ningún tipo.

d) Intoxicación por Gases y Vapores

Una persona con síntomas de asfixia debe respirar aire puro, llévela a un lugar abierto y ventilado. Los pacientes intoxicados con gases nitrogenados (óxidos azoicos) no deben ir solos a la asistencia, sino acompañados para que sean auxiliados en caso de sufrir un desmayo

e) Accidentes por Electrocutación

Desconecte rápidamente la corriente, o rescate a la persona electrocutada con alguna prenda u objeto aislante, así evitará poner en riesgo su propia seguridad.

f) Paro Cardíaco – Respiratorio

Dé respiración boca a boca, verifique el pulso, en caso de paro cardíaco realice masaje cardíaco presionando el tórax hasta reanimar al corazón. Continúe dando respiración artificial hasta que el afectado reciba la atención médica necesaria.

No se exponga a los cambios bruscos de temperatura. Un herido en reposo debe ser protegido con abrigo para evitar que pierda el calor.

Un aficionado nunca puede evaluar la magnitud del daño ocasionado en un accidente, por eso es preciso que luego de recibir los primeros auxilios los heridos sean atendidos en un centro asistencial. En todo centro laboral deberían darse instructivas con la finalidad de preparar al personal para ayudar con los primeros auxilios ante cualquier emergencia.



#### **7.4.8. Seguridad en la Soldadura de Arco**

A continuación citaremos algunas normas generales de seguridad en soldadura de arco eléctrico:

1. Instalar los equipos de soldadura de acuerdo con las recomendaciones del código para instalaciones eléctricas.
2. Asegurarse de que la máquina está equipada con un interruptor general situado cerca del puesto de trabajo, de forma que se pueda cortar la corriente rápidamente, en caso de emergencia.
3. No hacer reparaciones en el equipo mientras éste esté conectado a la red. El voltaje de alimentación de estas máquinas puede ser causa de serias y fatales lesiones.
4. No utilizar máquinas que no estén correctamente puestas a tierra. Si tocamos una parte que no esté puesta a tierra se pueden producir fuertes descargas a través de nuestro cuerpo. No hacer la toma de tierra sobre tuberías de conducción de gases o líquidos inflamables.
5. No utilizar porta electrodos con conexiones flojas, mordazas incorrectas o partes mal aisladas.
6. No cambiar la polaridad cuando la máquina está bajo carga. Abrir el circuito y esperar que la máquina pare. En caso contrario, puede quemarse el contacto del conmutador de la polaridad e incluso la persona que lo está accionando puede recibir severas quemaduras.
7. No accionar ningún conmutador cuando la máquina está bajo carga. Deben accionarse con la máquina parada. El accionamiento en carga puede producir arcos entre las superficies de los contactos.



8. No sobrecargar los cables ni utilizar la máquina con conexiones deficientes. La sobrecarga de los cables da lugar a un calentamiento excesivo de los mismos. Las conexiones incorrectas pueden producir pequeños arcos entre las partes mal conectadas
9. Evitar la soldadura en lugares húmedos y mantener las manos y las ropas bien secas. La humedad sobre el cuerpo puede producir descargas eléctricas. No estar sobre charcos, agua, tierra húmeda o piezas apoyadas en la tierra, si no se esta bien aislado. Utilizar una rejilla de madera o goma para situarse sobre ella.
10. No cebar el arco cerca de personas que no estén dotadas de la protección visual adecuada. Las radiaciones del arco son muy peligrosas para la vista. Para soldar cerca del lugar de trabajo de otras personas, debe aislarse la zona de soldadura mediante el empleo de cortinas de lona que protejan de los fogones del arco.
11. No coger nunca piezas metálicas recién soldadas.
12. No soldar sobre piezas de fundición huecas si no han sido previamente aireadas. Pueden contener gases que produzcan una explosión.
13. Cuando se suelda por chisporroteo, comprobar que los alrededores del equipo están protegidos contra las chispas.
14. Una vez finalizada la soldadura, apagar la maquina, desconectar el interruptor general y colocar el porta electrodo en el emplazamiento previsto para el mismo.

**Precaución Final:**

Los accidentes no suceden por casualidad. Estos se presentan, invariablemente, por indiferencia hacia las normas de seguridad, por falta de información sobre las mismas, o por falta de cuidado. Una lesión de cualquier tipo es siempre desagradable y muy a menudo puede producir incapacidades temporales o incluso permanentes.

Cuando más pensemos en las consecuencias de los accidentes, menos tendencia tendremos a ignorar las normas de seguridad, disminuyendo así el número de estos.



## ***7.5. Equipos y Procesos para Soldadura de Arco***

---

### ***7.5.1. Corriente de Soldadura***

Cuando una corriente eléctrica circula a través de un alambre, ésta presenta una resistencia al paso de la electricidad, lo que se traduce en una generación de calor. Cuanto mayor es la corriente que circula, mayor es la cantidad de calor que se produce. De la misma forma, cuanto mayor es la resistencia, más calor se genera.

El calor utilizado en la soldadura eléctrica por arco, procede de un arco eléctrico que se produce al saltar la electricidad a través del aire, desde el extremo del electrodo hasta el metal base. El aire presenta una gran resistencia al paso de la corriente. Por otra parte, la corriente que circula al producirse el arco es relativamente alta. Como consecuencia, en el arco se genera una gran cantidad de calor, alcanzándose en el mismo temperaturas de 3300 a 5500 °C. La corriente de soldadura la suministra un generador, que puede ser de corriente alterna (CA), o de corriente continua (CC). El generador se alimenta a su vez de corriente (corriente primaria) de un voltaje relativamente alto (220 a 440 v). Puesto que voltajes de esta magnitud son siempre peligrosos, deben extremarse las precauciones para asegurar que todas las partes del generador están correctamente puestas a tierra. Así como la corriente primaria que alimenta al generador es de un voltaje relativamente alto y resulta peligrosa, la corriente de soldadura que sale del generador es de un voltaje bajo (18 a 36 v) y de una gran intensidad en amperios.





Esta elevada intensidad es necesaria para desarrollar el intenso calor que precisa la operación de soldeo. La corriente de baja tensión y elevada intensidad utilizada en soldadura no es particularmente peligrosa si el generador está bien puesto a tierra y se trabaja en las condiciones normales de aislamiento.

Aunque no hay por qué tener ningún temor, debe trabajarse con cuidado para evitar accidentes del tipo eléctrico.

### 7.5.2. Terminología Eléctrica

Para poder utilizar correctamente cualquier generador de soldadura eléctrica por arco es necesario conocer algunos principios básicos de electricidad, así como la terminología más usual:

#### a) Corriente Alterna (CA)

Es una corriente eléctrica que alternativamente toma valores positivos y negativos. En el primer semiciclo, la corriente circula en un sentido, a continuación, cambia de sentido, y por último en el segundo semiciclo, circula en sentido contrario. Este ciclo se está repitiendo continuamente. El número de ciclos completos que se verifican en un segundo recibe el nombre de frecuencia. Así se habla de corrientes de 25, 40, 50 o 60 ciclos por segundo (figura N°7-14).

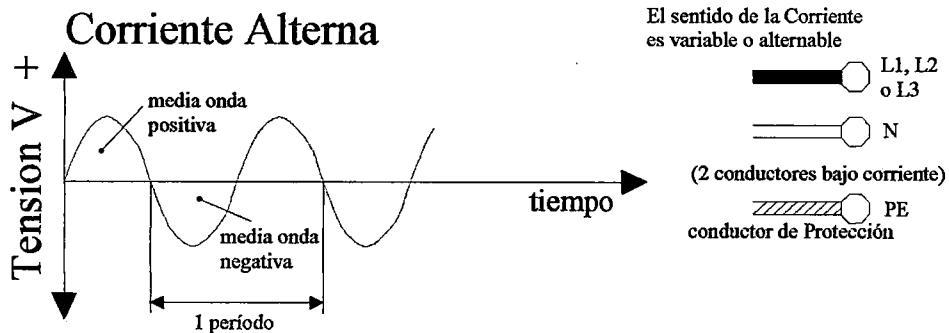


Figura N°7-14 Corriente Alterna

#### b) Corriente Continua (CC)

Corriente eléctrica que circula siempre en el mismo sentido (figura N°7-15).

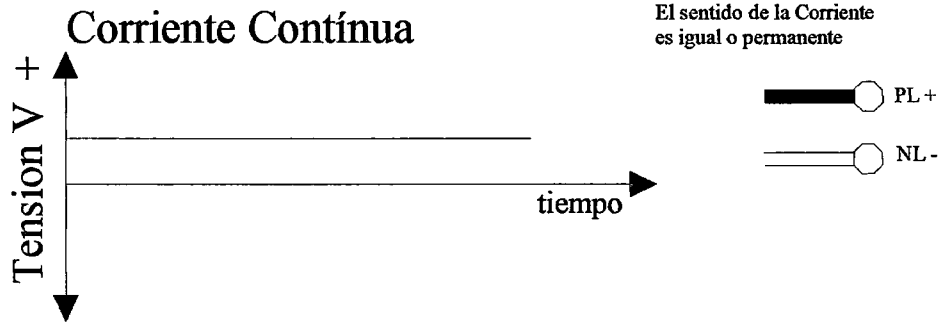


Figura N°7-15 Corriente Continúa

c) Conductor

Cualquier material que permite fácilmente el paso de la corriente eléctrica.

d) Circuito Eléctrico

Camino recorrido por una corriente eléctrica, que circula a través de un conductor, desde un terminal de la fuente de alimentación al otro. La corriente generada en al fuente de alimentación, sale por él terminal negativo de la misma, circula a través de un conductor hasta el receptor o lugar de consumo y retorna luego, a través de otro conductor, hasta el terminal positivo del generador (figura N°7-16).

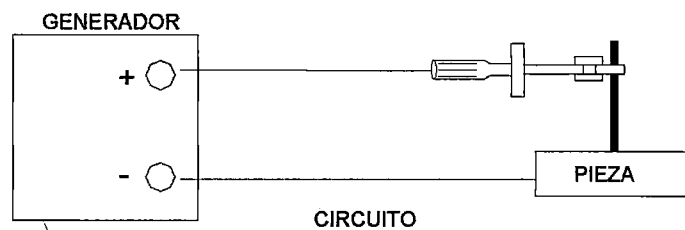


Figura N°7-16 Ejemplo de Circuito eléctrico simple

e) Amperio

Los amperios, o amperaje, nos indican la cantidad de corriente que circula por un circuito. Esta magnitud se mide con un instrumento llamado amperímetro.

f) Voltaje

La "fuerza" (fuerza electromotriz) que origina la circulación de corriente a través de un circuito se conoce con el nombre de voltaje. Se puede comparar con la presión que obliga al agua a circular por las tuberías. En un sistema hidráulico, la bomba es la que suministra la presión. De la misma forma, en un circuito eléctrico el generador origina la fuerza que empuja la corriente a través de los conductores.



El voltaje no circula, sólo circula la corriente. Esta fuerza que comentamos se mide en voltios y el instrumento utilizado para su medida recibe el nombre de voltímetro.

#### g) Resistencia

Es la oposición que presenta el material del conductor al paso de la corriente eléctrica, lo que da lugar a una transformación de energía eléctrica en calor.

#### h) Caída de Tensión

Al igual que la presión en una tubería para agua disminuye a medida que nos alejamos de la bomba, el voltaje (tensión) también disminuye cuando nos alejamos del generador. Es importante recordar este punto se utiliza un generador de soldadura, pues si los cables son muy largos, habrá una pérdida de voltaje considerable. Cuando la pérdida de tensión es excesiva, el generador de soldadura no podrá suministrar la suficiente corriente para soldar.

#### i) Tensión de Vacío y Tensión de Arco

La tensión o voltaje en vacío es la que existe cuando el generador está conectado, pero no está circulando corriente por el circuito de soldadura. Este voltaje varía, según el tipo de generador, entre 50 y 100 voltios. Una vez establecido el arco, el voltaje disminuye hasta un valor que suele oscilar entre 18 y 36 voltios. Este valor se conoce como tensión o voltaje de arco. Algunos generadores están provistos de un sistema de regulación que permite ajustar el voltaje en vacío adecuado para el trabajo que se va a realizar (figura N°7-17).

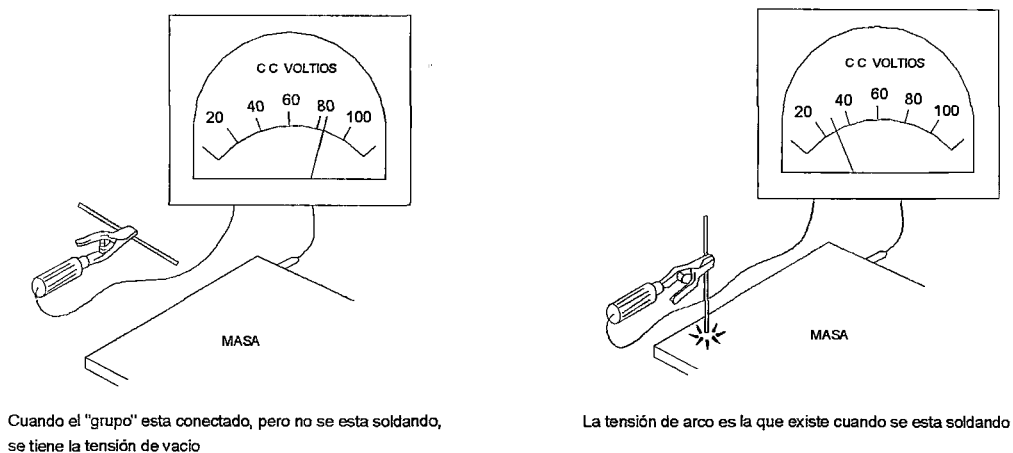


Figura N°7-17 Tensión de vacío y tensión de arco



j) Polaridad

En un circuito eléctrico, la polaridad es la que nos indica el sentido de circulación de la corriente. Cuando se suelda con corriente alterna, el sentido de circulación de la corriente está cambiando continuamente, por lo que no tiene mucho sentido el hablar de polaridad. Por el contrario, cuando se utiliza un generador de corriente continua, en el que la corriente circula solamente en un sentido, es muy importante hablar de polaridad, pues en muchas operaciones de soldadura interesa que la corriente circule en un sentido determinado.

Cuando la pinza porta electrodos esta conectada al polo negativo del generador y la pieza a soldar (masa) al polo positivo, se dice que se trabaja con polaridad negativa, también, llamada polaridad directa. Si el electrodo está conectado al polo positivo del generador y la masa al negativo, se denomina polaridad positiva o inversa.

De la polaridad depende la cantidad de calor liberada en el electrodo y en el metal base, de esta forma, mediante el cambio de polaridad, se puede concentrar el calor donde más interese. Sea en la pieza o en el electrodo, según el trabajo a realizar.

En algunas operaciones de soldadura es preferible aportar una mayor cantidad de calor a la pieza, debido a que el área de trabajo es más grande y se necesita más calor para fundir el metal base que el electrodo. Así para realizar grandes depósitos sobre piezas pesadas, el metal base debe calentarse más que el electrodo. En estos casos será conveniente trabajar con polaridad directa. Por el contrario, cuando se suelda en techo, es necesario que el baño de fusión enfríe rápidamente para que no tenga tiempo de descolgarse bajo la acción de sus propio peso. Utilizando polaridad inversa se genera menos calor en el metal base, con lo que el baño es más frío y más fácil.

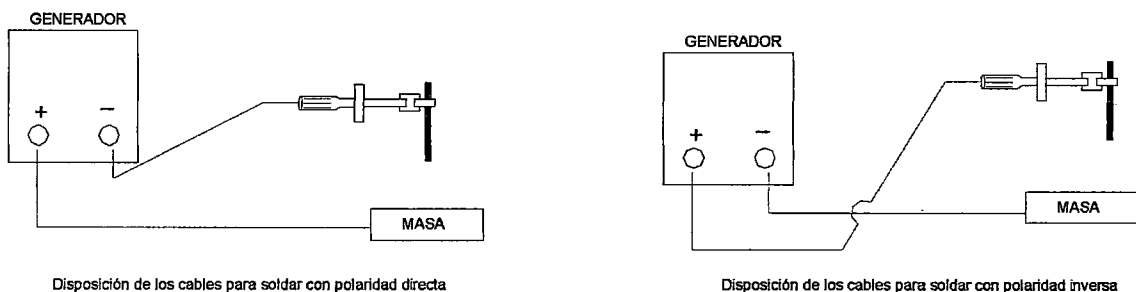


Figura N°7-18 Polaridad



### **7.5.3. Fuentes de Corriente para Soldar o Fuentes de Poder.**

Para suministrar la corriente de soldadura se pueden utilizar varios aparatos: transformadores, rectificadores y convertidores.

#### **7.5.3.1. Generadores**

##### **a) Capacidad de los Generadores:**

La capacidad de un generador se determina por la intensidad máxima que puede suministrar a un factor de marcha del 60%. Suele haber generadores de 150, 200, 250, 300, 400, 500 o 600 amperios. Según esto, al hablar de una máquina de 150 amperios, queremos decir que ésta se puede ajustar para suministrar al circuito de soldadura una intensidad de 150 amperios y que puede trabajar un 60 por ciento del tiempo sin que se produzcan recalentamientos peligrosos. Los factores de marcha para los generadores de soldadura se suelen referir a un periodo de tiempo de 10 minutos.

De acuerdo con esto un generador de 300 A y 32 V al 60% puede suministrar 300 amperios bajo 32 voltios, durante 6 minutos de cada 10 minutos. Durante los otros cuatro minutos el generador debe estar en reposos (en vacío).

La capacidad del generador se elegirá de acuerdo con el trabajo de soldadura a realizar. A continuación se dan algunas orientaciones generales sobre este punto:

- 150 – 200 A. Para trabajos ligeros o medios. Excelente para muchos trabajos de fabricación y suficientemente resistente para su utilización continua en trabajos de producción ligera.
- 250 – 300 A. Aptos para la mayoría de los requerimientos de soldadura. Utilizados en producción, mantenimiento, reparación y todo tipo de trabajos de un taller de soldadura.
- 400 – 600 A. Gran capacidad para pesados trabajos de soldadura y con un amplio campo de aplicaciones. Se emplea ampliamente en la construcción de estructuras pesadas de grandes piezas de maquinaria pesada, grandes tuberías y depósitos y para corte en desguaces y corte de fundición.



#### b) Clasificación de los generadores de Soldadura

Los generadores para soldadura por arco se clasifican en dos grandes grupos: generadores de potencial constante y generadores de intensidad constante. Los de intensidad constante se emplean principalmente en la soldadura por arco con electrodos revestidos, mientras que los de potencial constante se emplean en la soldadura MIG, motivo por el cual no forman parte de este volumen.

#### Generadores de Intensidad Constante:

Este tipo de aparatos garantiza un suministro de corriente con una intensidad estable, aunque varíe la tensión de arco debido a las variaciones de longitud del mismo. En la soldadura manual por arco con electrodos revestidos, sea en corriente alterna o en corriente continua, es difícil mantener el arco con una longitud constante. Sin embargo, cuando se utiliza un generador de intensidad constante, las variaciones de longitud de arco apenas producirán variaciones de intensidad. De esta forma, tanto el calor de soldadura como la velocidad de fusión del electrodo apenas se verán afectados y el soldador podrá mantener un buen control sobre el baño de fusión.

Los generadores de intensidad constante tienen una característica descendente. La característica voltaje – intensidad de un generador viene representada por una curva que nos muestra cómo varía el voltaje al variar la intensidad desde el valor de cero (cuando el generador está en vacío y, por tanto, no circula corriente por el circuito de soldeo) hasta el valor de cortocircuito (cuando el electrodo se pone en contacto con la pieza).

#### **7.5.3.2. Transformadores**

El transformador es un tipo de generador de soldadura que suministra corriente alterna, se puede considerar como el generador más barato, el más pequeño y el más ligero de todo los utilizados en soldadura. Se alimenta directamente de una red de alimentación eléctrica y transforma el voltaje reduciéndolo hasta el valor adecuado para soldar.

La intensidad de la corriente de soldadura se puede ajustar el valor deseado conectando el terminal del cable de electrodo en distintos alojamientos dispuestos sobre una placa del generador o mediante el accionamiento de una manivela o un volante.



Algunos transformadores de C.A. están equipados con un dispositivo para facilitar el cebado, el cual suministra una gran intensidad de corriente cuando el electrodo se pone en contacto con la pieza. Posteriormente, una vez cebado el arco, este dispositivo queda automáticamente fuera de servicio y la corriente toma el valor seleccionado para el trabajo a realizar. Este dispositivo de cebado tiene varias posiciones que permiten ajustarlo para conseguir un cebado fácil, tanto en láminas finas como en pesadas planchas.

Una ventaja de la soldadura con corriente alterna es la de que no produce el *soplo magnético* del arco, el cual se presenta con frecuencia cuando se suelda con generadores de corriente continua. El *soplado* provoca desviaciones e inestabilidad en el arco y suele presentarse cuando se suelda en esquinas de grandes piezas o cuando se utilizan electrodos de gran diámetro.

Como la corriente continua circula en una sola dirección, la pieza a soldar llega a magnetizarse. Cuando ocurre esto, el campo magnético ejerce fuerzas sobre el arco que producen desviación. Esto provoca gran cantidad de proyecciones. Además, el *soplado de arco* rompe la continuidad del metal depositado produciendo cráteres o concavidades en la superficie del cordón que posteriormente, es preciso rellenar. Esto supone un aumento de costos y presenta el peligro de dejar zonas débiles en la soldadura.

Otra característica de los generadores de corriente alterna es su bajo costo de operación y mantenimiento, su elevado rendimiento eléctrico y su funcionamiento sin ruidos.

### **7.5.3.3. Rectificadores**

Fundamentalmente están constituidos por transformadores que van provistos de un dispositivo eléctrico que convierte la corriente alterna en corriente continua. Algunos tipos diseñados para suministrar un pequeño voltaje regulable, adecuado para la soldadura MIG y para el soldeo por arco sumergido y otros.

Algunos rectificadores van provistos de un conmutador que al accionarlo, conecta los terminales de salida del generador a la salida del transformador o a la salida del rectificador. Esto permite obtener corriente alterna o corriente continua con una o otra polaridad.



El transformador rectificador suele tener un mejor rendimiento y además presenta la ventaja de que es un aparato estático. Actualmente suelen ir previstos de un sistema doble para el reglaje de la intensidad de corriente. Mediante un mando se realiza el ajuste y con el otro se verifica el ajuste fino.

#### **7.5.4. Procedimiento de Soldadura de Arco**

##### **7.5.4.1. Encender y Mantener el Arco Eléctrico**

Esta operación es realizada para iniciar todas las labores de soldadura por arco eléctrico, razón por la cual debe ser dominada con la mayor eficiencia posible.

Comprende la acción de producir un arco eléctrico entre el electrodo y la pieza, manteniéndolo sin que se apague.

##### **Proceso de Ejecución:**

1° Paso: **Limpie la pieza con el cepillo de acero**

A fin de que el material quede limpio de grasa, óxido o pintura (figura N°7-19).

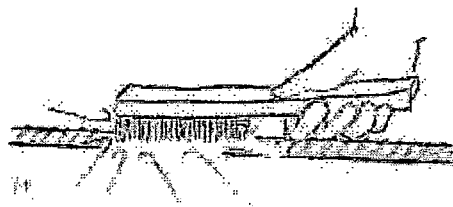


Figura N°7-19

2° Paso: **Fije la conexión de masa sobre un extremo de la estructura espacial compuesta.**

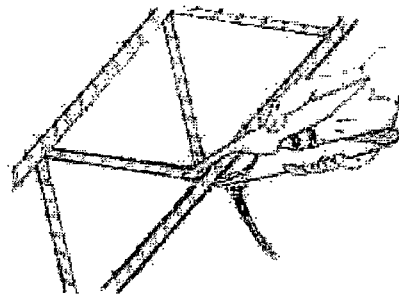


Figura N°7-20





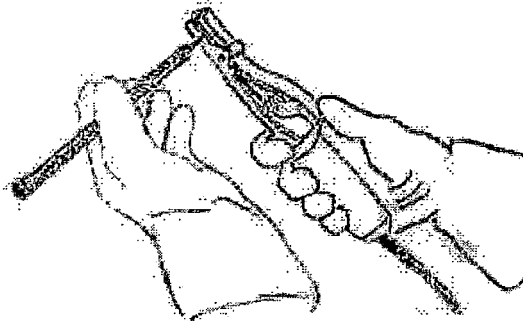
3° Paso: Encienda al máquina

Asegurándose que la polaridad y el amperaje de la máquina estén de acuerdo con el electrodo a usar.

Asimismo debe verificar que los cables conductores estén en buen estado y aislados.

4° Paso: Coloque el electrodo en la pinza porta – electrodo

Tomando la pinza porta – electrodo con la mano más hábil, asegurando el electrodo por la parte desnuda del mismo dentro de la mandíbula del porta – electrodo (figura N°7-21).



5° Paso: Encienda el arco

Aproximando el extremo del electrodo a la EEC

Protéjase con la máscara.

Toque la EEC con el electrodo y retírelo para formar el arco (figura N°7-22).

Observación: El encendido puede efectuarse raspando.

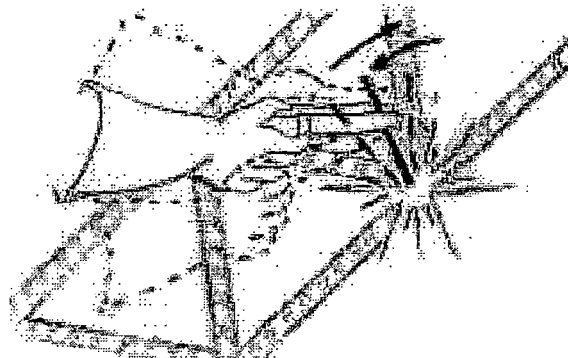


Figura N°7-22



6° Paso: Mantenga el electrodo a una distancia igual al diámetro de su núcleo

En caso de pegarse el electrodo, muévalo rápidamente

7° Paso: Apague el Arco

Retirando el electrodo de la Pieza.

#### 7.5.4.2. Puntear

Esta operación tiene por objeto depositar uno o más puntos de soldadura mediante un arco eléctrico, permitiendo sujetar piezas en una alineación apropiada.

Se utiliza para realizar el montaje previo a la ejecución de una soldadura.

#### Proceso de Ejecución:

1° Paso: Prepare las Piezas

Revisando los bordes

Enderece las piezas en caso de deformaciones leves

Limpie la parte a puntear

Ubique las piezas.

2° Paso: Posicione las Piezas

Como se aprecia en la figura N°7-23.



Figura N°7-23



3° Paso: Encienda la máquina

Verificando previamente que la polaridad y amperaje estén acordes con el electrodo a utilizar.

4° Paso: Coloque el electro en la pinza porta – electrodo

Tomando la pinza porta – electrodo con la mano más hábil, asegurando el electrodo por la parte desnuda del mismo dentro de la mandíbula del porta – electrodo (figura N°7-24).

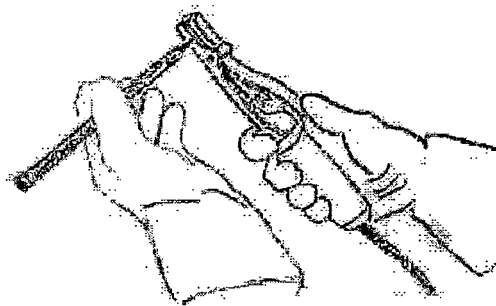


Figura N°7-24

5° Paso: Encienda el Arco

Aproximando el extremo del electrodo a la EEC (figura N°7-25)  
Protéjase con la máscara.

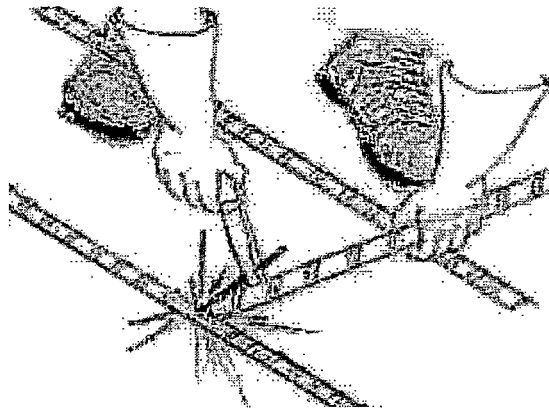


Figura N°7-25



6° Paso: Deposite el material de Aporte

Toque con la punta del electrodo el lugar a puntear.  
Levántelo ligeramente para precalentar la zona a puntear.  
Mantenga el arco y suelde

Nota: La longitud del punto y el número de ellos dependerá del tamaño de las piezas a soldar.

7° Paso: Apague el Arco

Colocando la pinza en un lugar que no haga contacto.

8° Paso: Limpie los puntos:

Empleando para ello la picota y el cepillo de alambre (figura N°7-26).

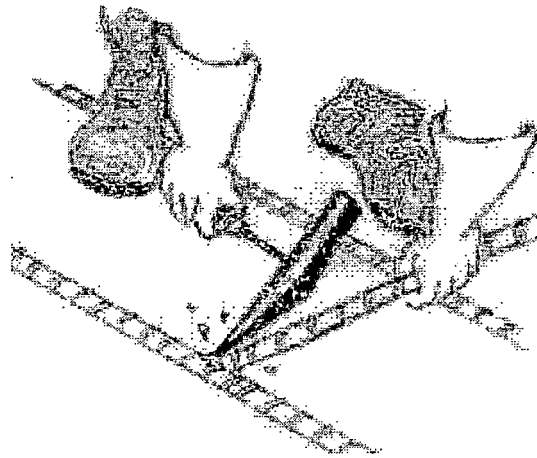


Figura N°7-26

### 7.5.4.3. Soldar a Tope

Esta operación consiste en unir piezas por sus bordes, soldándolas desde el lado superior en posición plana.



Proceso de Ejecución:

1° Paso: Prepare las piezas

Revisando los bordes  
Enderece las piezas en caso de deformaciones leves

2° Paso: Ubique y fije las piezas en posición plana

Ubique las piezas.

3° Paso: Encienda y Regule la máquina

Verificando previamente que la polaridad y amperaje estén acordes con el electrodo a utilizar.

4° Paso: Puntee

Para unir las piezas

5° Paso: Limpie los puntos con piqueta y cepillo

Para retirar la escoria producto del punteo

6° Paso: Inicie el Cordón

Inclinando el electrodo en la dirección de avance  
Oscile el electrodo cubriendo los dos bordes  
Penetre a través de ambos bordes hasta la parte inferior manteniendo una velocidad de avance constante (figura N°7-27)

Nota: Si la penetración es deficiente, aumente la intensidad.

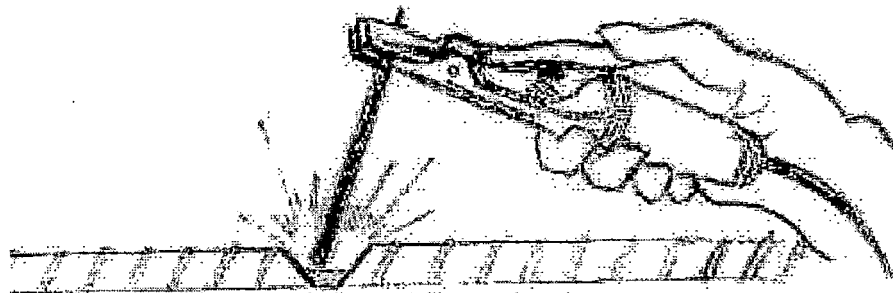


Figura N°7-27



7° Paso: *Interrumpa el Cordón*  
Levantando el electrodo

8° Paso: *Limpie todo el Cordón*  
Empleando para ello la picota y el cepillo de alambre a fin de retirar la escoria  
(figura N°7-28)

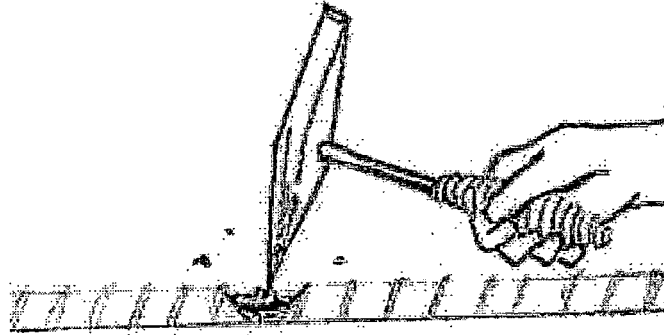


Figura N°7-28

9° Paso: *Reinicie el Cordón*  
Precalentando y rellenando el cráter antes de continuar (figura N°7-29).

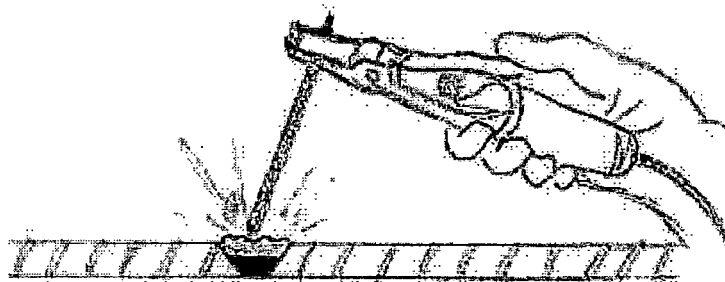


Figura N°7-29

10° Paso: *Finalice el Cordón*  
Una vez rellenado toda la separación entre las piezas.  
Deberá rellenar el cráter depositando material adicional.



11° Paso: Limpie todo el Cordón

Empleando para ello la picota y el cepillo de alambre a fin de retirar la escoria (figura N°7-30).

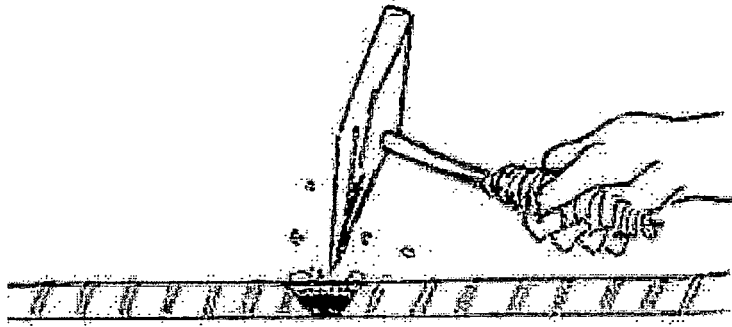


Figura N°7-30

#### 7.5.4.4. Soldar en Ángulo (filete)

Operación que tiene por objeto unir dos piezas que forman un ángulo entre sí.

El dominio de esta operación es fundamental puesto que su aplicación es muy frecuente en estructuras metálicas, puentes, edificios y en el caso de las EEC, podemos afirmar que un 90% del trabajo de soldadura es de este tipo.

#### Proceso de Ejecución:

1° Paso: Prepare las Piezas

Formando el ángulo especificado en los planos.

2° Paso: Encienda y regule la máquina

3° Paso: Puntee la pieza en forma alternada

4° Paso: Suelde

Inicie el cordón de raíz

Inclinando el electrodo tal como se aprecia en la figura.

Avance y oscile el electrodo en un movimiento de zig – zag (figura N°7-31)

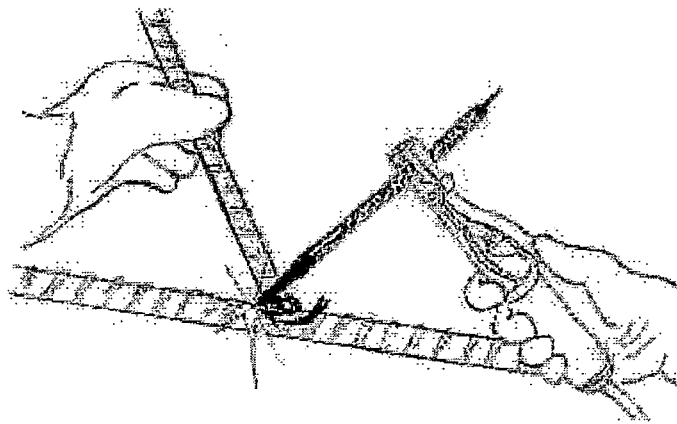


Figura N°7-31

Finalice y limpie el cordón empelando para ello la picota (figura N°7-32)

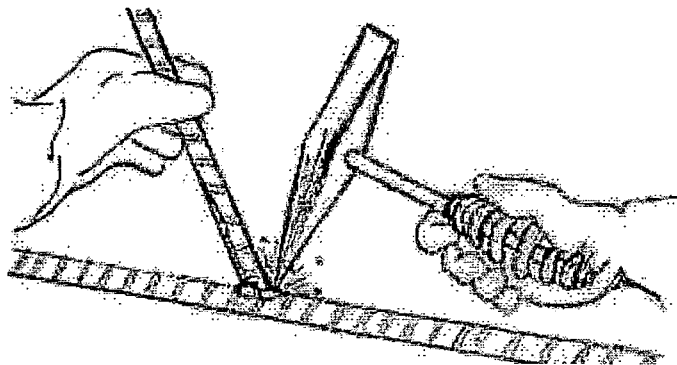


Figura N°7-32

5° Paso: Deposite el resto de los cordones  
Hasta alcanzar el ancho de costura indicado en los planos

Nota:

- Cuando se depositan cordones escalonados se debe tomar  $1/3$  del cordón anterior
- Oscile el electrodo en el resto de los cordones con movimiento en zig – zag curvo semicircular.





**CAPITULO VIII**

***Análisis Comparativo***

***con el Sistema***

***Tradicional***



## CAPITULO VIII

# **Análisis Comparativo con el Sistema Tradicional**

### **(Concreto Armado)**

#### **8.1. Sistemas Alternativos Propuestos**

---

A continuación presentamos un sistema estructural alternativo, para cada una de las obras estudiadas hasta el momento, con la finalidad de realizar un análisis comparativo entre la tridilosa y sistema tradicional de concreto armado, donde podamos apreciar sus fortalezas y debilidades.

##### **8.1.1. Sistema Estructural Alternativo Propuesto para la Obra Comedores del Congreso de la República: "Comedor de Congresistas"**

El sistema estructural alternativo propuesto para la obra: "Comedor de Congresistas", esta basado en el proyecto estructural original descrito en el ítem 2.1.1.2., la cimentación se mantiene intacta, al igual que las columnas, quienes conservan su forma, dimensiones y ubicación.

El sistema estructural alternativo elegido fue una losa maciza de concreto armado de 0.30 m de espesor, reforzada en ambas direcciones, con vigas centrales en las dos direcciones, de sección recta de 0.40 x 1.00, quienes tienen la función de controlar la deflexión de la losa y soportar las cargas respectivas.



Asimismo en todo el perímetro del techo se considera una viga de borde de  $0.40 \times 0.70$ , salvo en el caso del eje "A" donde la sección cambia a  $0.40 \times 0.80$ .

Para el análisis y cálculo de los momentos, se ha empleado una hoja de cálculo de MS-EXCEL y las tablas de diseño de losas reforzadas en ambas direcciones.

Del mismo modo para el análisis y cálculo de los momentos y cortantes en las vigas se ha empleado el programa PF del Dr. Scaletti.

Obtenidos todos los resultados se procedió al diseño de los elementos estructurales empleando el método ACI - 318 (95) y el Reglamento Nacional de Edificaciones.

#### **8.1.2. Sistema Estructural Alternativo Propuesto para la Obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

El sistema estructural alternativo propuesto para la obra: "Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.", esta basado al igual que en el caso anterior en el proyecto estructural original descrito en el ítem 2.1.2.2., puesto que la cimentación y las columnas se mantienen intactas.

El sistema estructura alternativo elegido fue una losa aligerado de 0.25 m, soportada por 7 vigas centrales paralelas de  $0.30 \times 0.70$  separadas entre sí cada 6.00 metros, quienes soportan su peso propio, el peso del aligerado y la sobrecarga respectiva.

Asimismo en todo el perímetro se ha considerado una viga de borde de  $0.40 \times 0.40$  quien tiene la función de soportar las vigas centrales.

Para el análisis y cálculo de momentos y cortantes en las vigas y el aligerado se ha empleado el programa PF del Dr. Scaletti.

Obtenidos todos estos resultados se procedió al diseño de los elementos estructurales empleando el método ACI - 318 (95) y el Reglamento Nacional de Edificaciones.



## **8.2. Presupuesto de los Sistemas Estructurales Alternativos Propuestos**

Para la elaboración del presupuesto de los sistemas alternativos estructurales, se emplearon los mismos análisis de costos unitarios utilizados para el desarrollo del presupuesto original, a fin de que los rendimientos y costos sean los mismos, generando así condiciones comparativas óptimas.



**8.2.1. Presupuesto del Sistema Estructural Alternativo Propuesto para la Obra:  
Comedores del Congreso de la República: "Comedor de Congresistas"**

En esta sección presentamos el presupuesto detallado del sistema estructural alternativo "Losa Maciza", para la obra: Comedor de Congresistas.

Obra : COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA – COMEDOR DE CONGRESISTAS  
 Fórmula 01 : ESTRUCTURAS  
 Cliente : CONGRESO DE LA REPUBLICA  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : LIMA  
 Costo al : 30/11/1999

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
01.00.00	<b><u>VIGAS</u></b>					
01.01.00	CONCRETO FC=210 Kg/cm2 PREMEZ. INC/ BOMBA	M3	38.06	285.29	10,858.14	
01.02.00	ENCOFRADO SEMIRUSTICO	M2	189.62	26.57	5,038.20	
01.03.00	ACERO FY=4200 Kg/cm2	KG	6,166.03	2.23	13,750.25	29,646.59
02.00.00	<b><u>LOSA MACIZA (H = 0.30)</u></b>					
02.01.00	CONCRETO FC=210 Kg/cm2 PREMEZ. INC/ BOMBA	M3	119.93	274.10	32,872.18	
02.02.00	ENCOFRADO – SISTEMA UNISPAN	M2	399.40	44.11	17,617.53	
02.03.00	ACERO FY=4200 Kg/cm2	KG	6,452.66	2.23	14,389.42	64,879.77
	COSTO DIRECTO					94,526.35
	GASTOS GENERALES 10.14%					9,584.97
	UTILIDAD 10%					9,452.23
	SUB-TOTAL					113,563.55
	IMPUESTO IGV 18%					20,441.44
	TOTAL PRESUPUESTO					134,004.99

**SON : CIENTO TREINTA Y CUATRO MIL CUATRO CON 99/100 NUEVOS SOLES**



**8.2.2. Presupuesto del Sistema Estructural Alternativo Propuesto para la Obra:  
Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

En esta sección presentamos el presupuesto detallado del sistema estructural alternativo, "Losa Aligerada" para la obra: Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.

Obra : AMPLIACIÓN DE LA PLANTA INDUSTRIAL CROMOTEX S.A.  
 Fórmula 01 : ESTRUCTURAS  
 Cliente : CROMOTES S.A.  
 Departamento : LIMA Provincia : LIMA Distrito : SANTA ANITA  
 Costo al : 01/08/00

Item	Descripción	Unidad	Metrado	Precio	Parcial	Subtotal
01.00.00	<b>VIGAS</b>					
01.01.00	CONCRETO FC=210 Kg/cm2 PREMEZ. INC/ BOMBA	M3	32.95	329.00	10,840.55	
01.02.00	ENCOFRADO SEMIRUSTICO	M2	256.20	31.50	8,070.30	
01.03.00	ACERO FY=4200 Kg/cm2	KG	4,366.77	2.42	10,567.58	29,478.43
02.00.00	<b>LOSA ALIGERADA (H = 0.25)</b>					
02.01.00	CONCRETO FC=210 Kg/cm2 PREMEZ. INC/ BOMBA	M3	49.00	329.00	16,121.00	
02.02.00	ENCOFRADO METALICO	M2	440.00	36.75	16,170.00	
02.03.00	LADRILLO ARCILLA PARA TECHO 20x30x30	UND	3,600.00	1.25	4,500.00	
02.04.00	ACERO FY=4200 Kg/cm2	KG	3,625.12	2.42	8,772.79	45,563.79
	COSTO DIRECTO					75,042.22
	GASTOS GENERALES 10.14%					7,609.28
	UTILIDAD 10%					7,504.22
	SUB-TOTAL					90,155.72
	IMPUESTO IGV 18%					16,228.03
	TOTAL PRESUPUESTO					106,383.75

**SON : CIENTO SEIS MIL TRESCIENTOS OCHENTA Y TRES CON 75/100 NUEVOS SOLES**

Partida 02.03.00 LADRILLO ARCILLA PARA TECHO 20x30x30  
 Rendimiento 800.000 M3/DIA Costo unitario directo por : UND 1.25

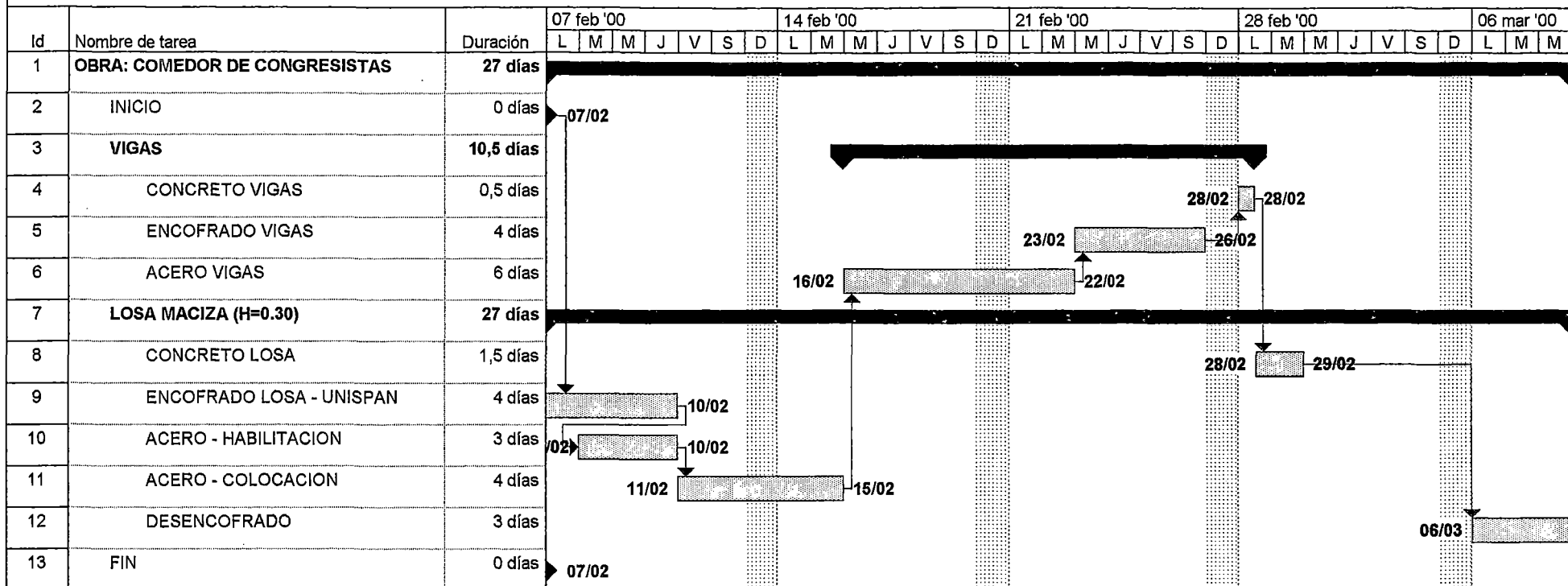
Código	Descripción Insumo	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial
	<b>Mano de Obra</b>					
470101	CAPATAZ	HH	0.10	0.0010	9.43	0.01
470103	OPERARIO	HH	1.00	0.0100	8.57	0.09
470104	PEON	HH	4.00	0.00	6.87	0.27
						<b>0.37</b>
	<b>Materiales</b>					
170302	LADRILLO ARCILLA HUECO P.TECHO 20x30x30	MLL		0.0010	869.49	0.87
						<b>0.87</b>
	<b>Equipos</b>					
370101	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	0.37	0.01
						<b>0.01</b>
						284



### **8.3. Programación de Obra de los Sistemas Alternativos Propuestos**

A continuación se presenta la programación de obra de los sistemas estructurales alternativos propuestos.

**OBRA: COMEDOR DE CONGRESISTAS - DISEÑO ALTERNATIVO**

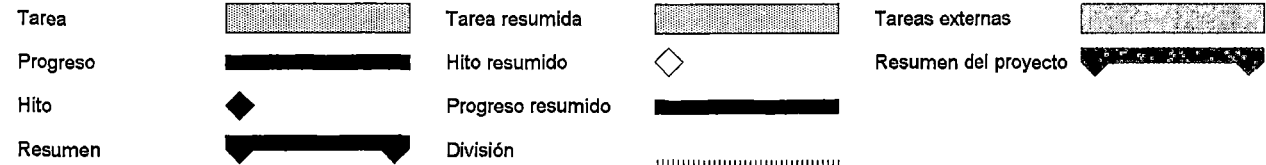
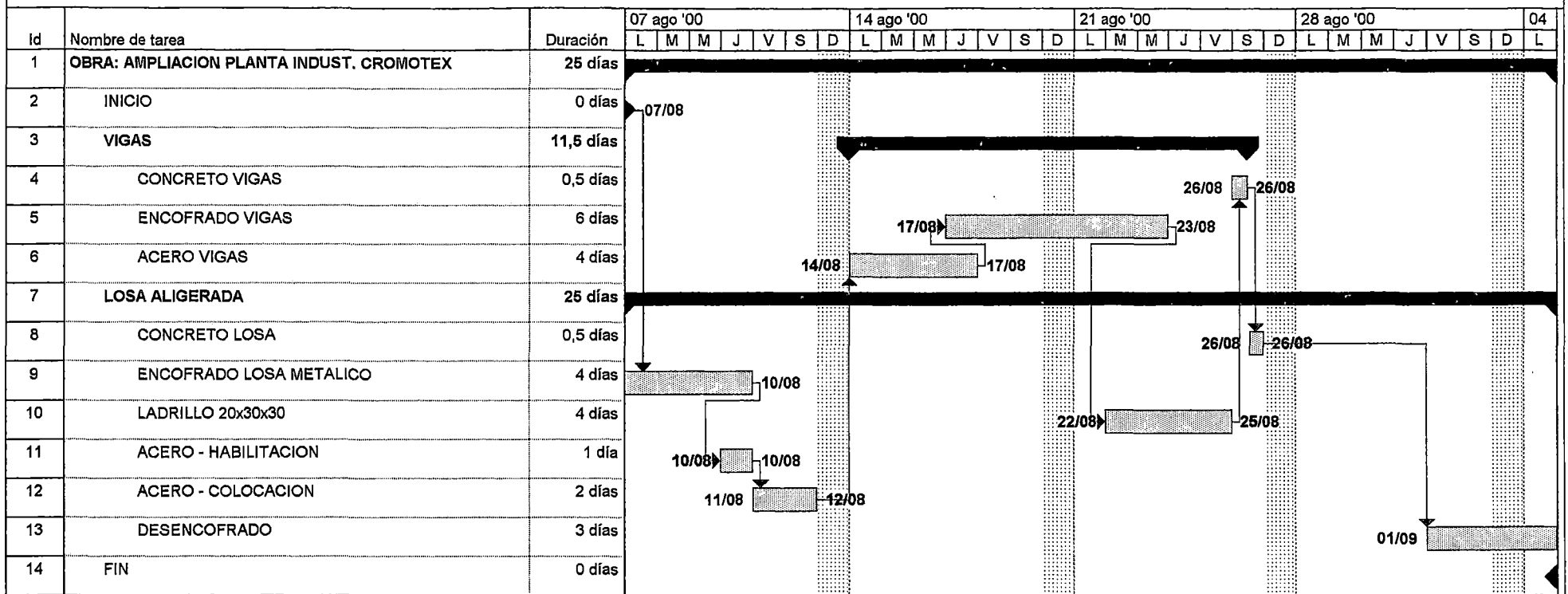


Tarea		Tarea resumida		Tareas externas	
Progreso		Hito resumido		Resumen del proyecto	
Hito		Progreso resumido			
Resumen		División			

ELABORADO: BACH. OSCAR ORTEGA URIBE



**OBRA: AMPLIACION DE LA PLANTA INDUSTRIA CROMOTEX S.A. (DISEÑO ALTERNATIVO)**



ELABORADO: BACH. OSCAR ORTEGA URIBE



#### ***8.4. Planos Estructurales Alternativos***

---

A continuación se presentan los planos de estructuras de los sistemas estructurales alternativos.

##### ***8.4.1. Planos Estructurales Alternativos de la Obra: "Comedor de Congresistas"***

Para expresar gráficamente el diseño alternativo "Losa Maciza" de 0.30 m, reforzada en ambas direcciones se elaboraron los siguientes planos:

Plano EA – 1	Plano de Losa Maciza (H = 0.30)
Plano EA – 2	Plano de detalle de vigas

##### ***8.4.2. Planos Estructurales Alternativos de la Obra: "Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A."***

Para expresar gráficamente el diseño alternativo "Losa Aligerada", se elaboraron los siguientes planos:

Plano EA1 – 1	Plano de Losa Aligerada
Plano EA1 – 2	Plano de detalle de vigas



### **8.5. Análisis Comparativo: Tridilosa vs. Sistemas Alternativos Propuestos**

Tal como indicamos anteriormente, el presupuesto del sistema estructural alternativo, ha sido elaborado empleando los mismos análisis de costos unitarios del sistema estructural original, para poder tener de este modo condiciones comparativas óptimas.

A continuación presentamos seis cuadros comparativos con sus respectivas representaciones gráficas, donde se pueden apreciar las fortalezas y debilidades de la tridilosa:

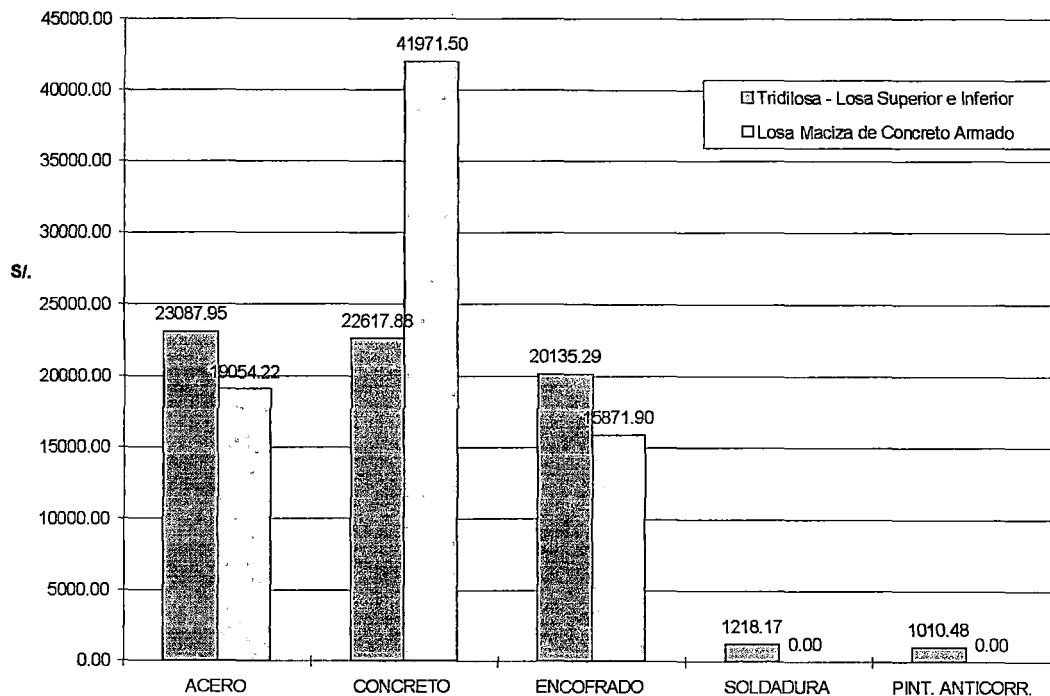
- i) Comparación de Cantidad y Costo Directo de Materiales
- ii) Comparación de Cantidad y Costo Directo de Mano de Obra
- iii) Comparación de Cantidad y Costo Directo de Equipos y Herramientas
- iv) Comparación de Costo Directo Total
- v) Comparación de Costo Directo Total por Metro Cuadrado
- vi) Comparación de Tiempo de Ejecución



**Comparación de Cantidad y Costo Directo de Materiales**  
**Obra Comedores del Congreso de la República - Comedor de Congresistas**  
(Cuadro 8-1)

Material	Partida	Tridilosa - Losa Superior e Inferior			Losa Concreto Armado - 2 Direcciones		
		Metrado	P.U.	Costo (S/.)	Metrado	P.U.	Costo (S/.)
ACERO (kg)	Vigas	3257.90	1.51	4919.43	6166.03	1.51	9310.71
	Losa (s)	12032.13	1.51	18168.52	6452.66	1.51	9743.52
Inc/alambre negro #16	Sum =	15290.03		23087.95	12618.69		19054.22
CONCRETO (M3)	Vigas	28.70	269.06	7722.02	38.06	269.06	10240.42
	Losa (s)	56.30	264.58	14895.85	119.93	264.58	31731.08
Inc/impeabiliz. bomba concr.	Sum =	85.00		22617.88	157.99		41971.50
ENCOFRADO (M2)	Vigas	168.00	12.11	2034.48	189.62	12.11	2296.30
	Losa Inf. - Unispan	399.40	33.99	13575.61	399.40	33.99	13575.61
Inc/alambre negro #16 y clavos	Losa Sup. - Catahua	399.40	11.33	4525.20	0.00	0.00	0.00
	Sum =	966.80		20135.29	589.02		15871.90
SOLDADURA (M2)	Soldadura - EEM	399.40	3.05	1218.17	0.00	0.00	0.00
	Supercito	Sum =	399.40	1218.17	0.00		0.00
PINTURA ANTICORR. (M2)	Paint. Anticorrosiva	399.40	2.53	1010.48	0.00	0.00	0.00
	Inc/aguarraz	Sum =	399.40	1010.48	0.00		0.00
<b>Costo Total de Materiales</b>				<b>68069.76</b>			<b>76897.63</b>
<b>Costo Total de Materiales x M2</b>				<b>170.43</b>			<b>192.53</b>

COMPARACION DE COSTO DIRECTO DE MATERIALES :  
TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR E INFERIOR vs LOSA MACIZA DE CONCRETO ARMADO  
OBRA COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA - COMEDOR DE CONGRESISTAS  
(GRAFICO 8-1)

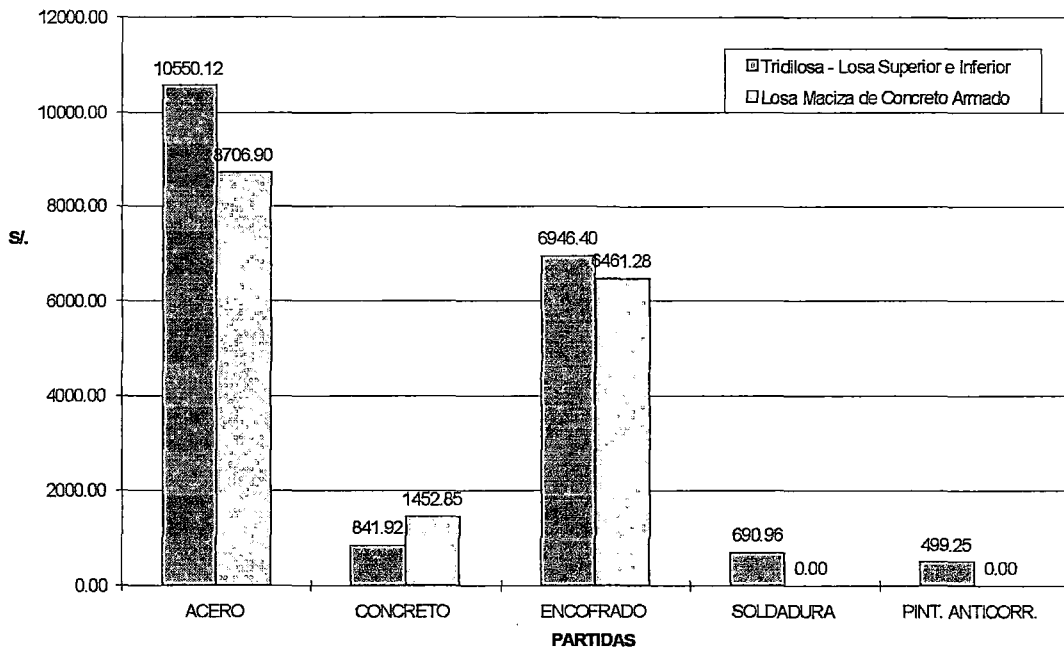




**Comparación de Cantidad y Costo de Mano de Obra (Costo Directo)**  
**Obra Comedores del Congreso de la República - Comedor de Congressistas**  
(Cuadro 8-2)

Material	Partida	Tridilosa - Losa Superior e Inferior			Losa Concreto Armado - 2 Direcciones		
		Metrado	P.U.	Costo (\$/.)	Metrado	P.U.	Costo (\$/.)
M.O.	Acero Vigas - Kg	3257.90	0.69	2247.95	6166.03	0.69	4254.56
(hh)	Acero Losa (s) - Kg	12032.13	0.69	8302.17	6452.66	0.69	4452.34
Incl/Cap - Op							
Of - Pe - O.E	Sum =	15290.03		10550.12	12618.69		8706.90
M.O.	Concreto Vigas - M3	28.70	14.76	423.61	38.06	14.76	561.77
(hh)	Concreto Losa (s) - M3	56.30	7.43	418.31	119.93	7.43	891.08
Incl/Cap - Op							
Of - Pe - O.E	Sum =	85.00		841.92	157.99		1452.85
M.O.	Encofrado Vigas - M2	168.00	13.77	2313.36	189.62	13.77	2611.07
(hh)	Encof. Losa Inf. - Unispan	399.40	9.64	3850.22	399.40	9.64	3850.22
	Encof. Losa Sup. - Catahua	399.40	1.96	782.82	0.00	0.00	0.00
Incl/Cap - Op							
Of - Pe - O.E	Sum =	966.80		6946.40	589.02		6461.28
M.O.	Soldadura - EEM - M2	399.40	1.73	690.96	0.00	0.00	0.00
(hh)							
Incl/Cap - Op							
Of - Pe - O.E	Sum =	399.40		690.96	0.00		0.00
M.O.	Pintura Anticorrosiva - M2	399.40	1.25	499.25	0.00	0.00	0.00
(hh)							
Incl/Cap - Op							
Of - Pe - O.E	Sum =	399.40		499.25	0.00		0.00
<b>Costo Total de Mano de Obra</b>				<b>19528.65</b>	<b>16621.03</b>		
<b>Costo Total de Mano de Obra x M2</b>				<b>48.89</b>	<b>41.61</b>		

COMPARACION DE COSTO DIRECTO DE MANO DE OBRA :  
TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR E INFERIOR vs LOSA MACIZA DE CONCRETO ARMADO  
OBRA COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA - COMEDOR DE CONGRESISTAS  
(GRAFICO 8-2)





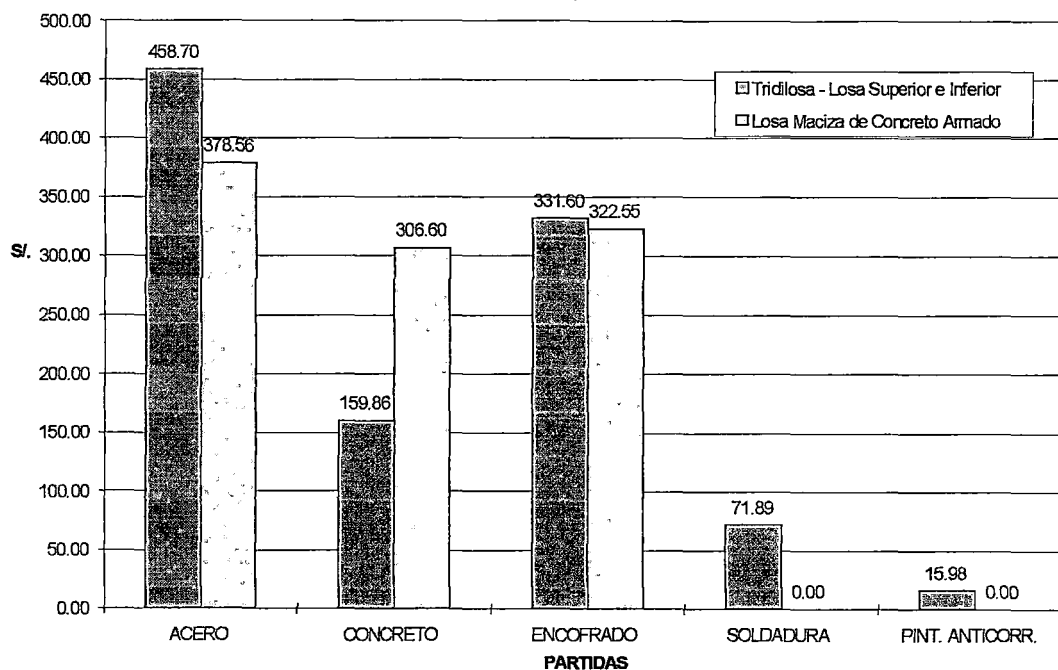
**Comparación de Cantidad y Costo de Equipos y Herramientas (Costo Directo)**

**Obra Comedores del Congreso de la República - Comedor de Congresistas**

(Cuadro 8-3)

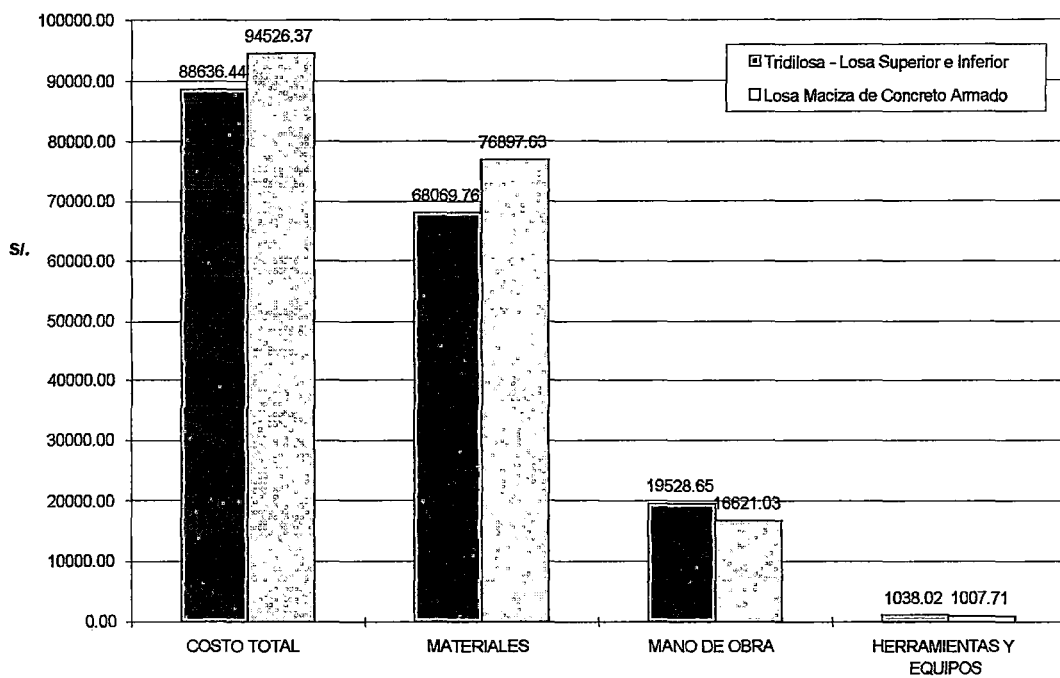
Material	Partida	Tridilosa - Losa Superior e Inferior			Losa Concreto Armado - 2 Direcciones		
		Metrado	P.U.	Costo (S/.)	Metrado	P.U.	Costo (S/.)
E.H.	Acero Vigas - Kg	3257.90	0.03	97.74	6166.03	0.03	184.98
(%MO)	Acero Losa (s) - Kg	12032.13	0.03	360.96	6452.66	0.03	193.58
Incl/herr. man.							
	Sum =	15290.03		458.70	12618.69		378.56
E.H.	Concreto Vigas - M3	28.70	1.47	42.19	38.06	1.47	55.95
(%MO - HE)	Concreto Losa (s) - M3	56.30	2.09	117.67	119.93	2.09	250.65
Incl/herr. man.							
vibr. concr.							
	Sum =	85.00		159.86	157.99		306.60
E.H.	Encofrado Vigas - M2	168.00	0.69	115.92	189.62	0.69	130.84
(%MO)	Encof. Losa Inf. - Unispan	399.40	0.48	191.71	399.40	0.48	191.71
	Encof. Losa Sup. - Catahua	399.40	0.06	23.96	0.00	0.00	0.00
Incl/herr. man.							
	Sum =	966.80		331.60	589.02		322.55
E.H.	Soldadura - EEM - M2	399.40	0.18	71.89	0.00	0.00	0.00
(%MO - HE)							
Incl/herr. man.							
maquina sold.							
	Sum =	399.40		71.89	0.00		0.00
E.H.	Pintura Anticorrosiva - M2	399.40	0.04	15.98	0.00	0.00	0.00
(%MO)							
Incl/herr. man.							
	Sum =	399.40		15.98	0.00		0.00
<b>Costo Total de Equip. Herram.</b>				<b>1038.02</b>			<b>1007.71</b>
<b>Costo Total de Equip. Herram. x M2</b>				<b>2.60</b>			<b>2.52</b>

COMPARACION DE COSTO DIRECTO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS :  
TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR E INFERIOR vs LOSA MASACIZA DE CONCRETO ARMADO  
OBRA COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA - COMEDOR DE CONGRESISTAS  
(GRAFICO 8-3)

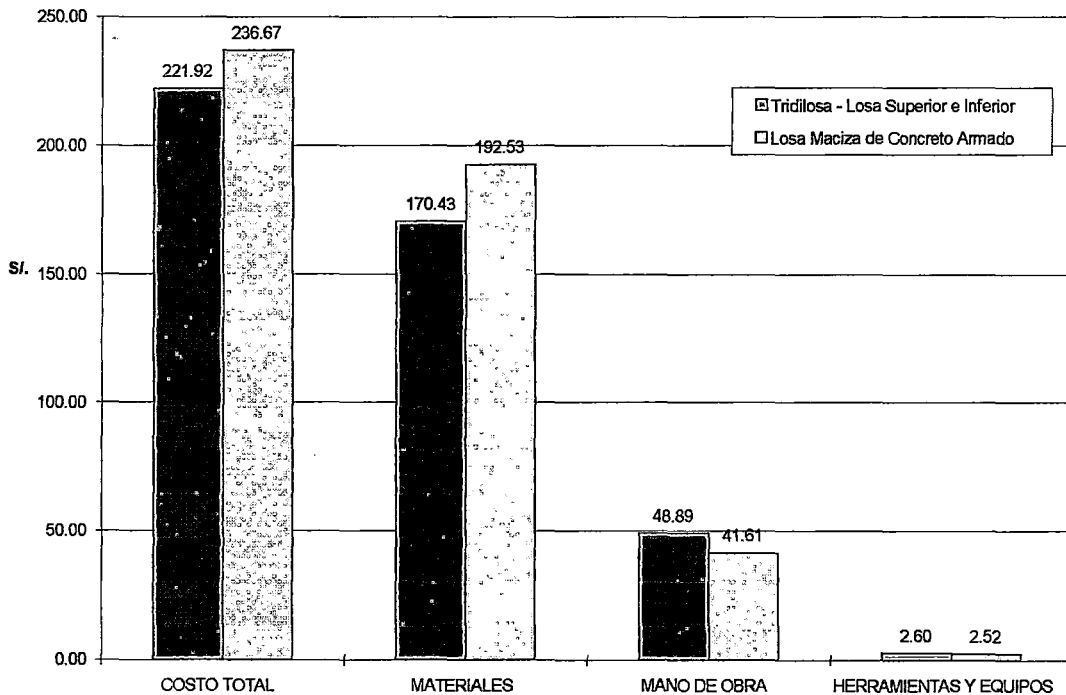




COMPARACION DE COSTO DIRECTO TOTAL:  
TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR E INFERIOR vs LOSA MACIZA DE CONCRETO ARMADO  
OBRA COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA - COMEDOR DE CONGRESISTAS  
(GRAFICO 8-4)



COMPARACION DE COSTO DIRECTO TOTAL POR M2:  
TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR E INFERIOR vs LOSA MACIZA DE CONCRETO ARMADO  
OBRA COMEDORES DEL CONGRESO DE LA REPUBLICA - COMEDOR DE CONGRESISTAS  
(GRAFICO 8-5)



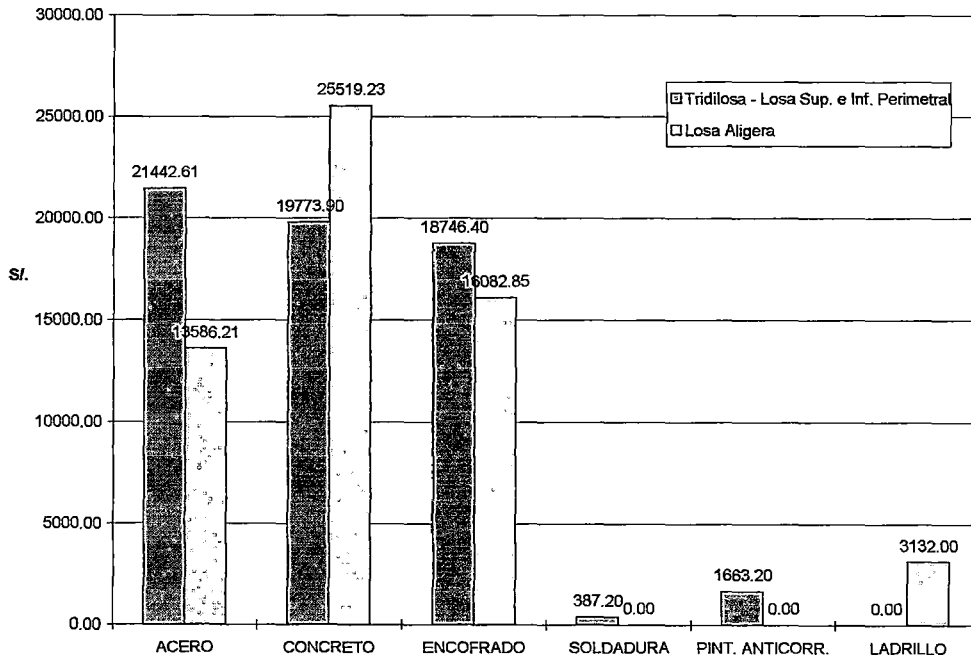


**Comparación de Cantidad y Costo de Materiales (Costo Directo)**  
**Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

(Cuadro 8-4)

Material	Partida	Tridilosa - Losa Sup. e Inf. Perimetral			Aligerado de Concreto Armado		
		Metrado	P.U.	Costo (S/.)	Metrado	P.U.	Costo (S/.)
ACERO	Vigas	2702.80	1.70	4594.76	4366.77	1.70	7423.51
	(kg)						
	Losa (s)	9910.50	1.70	16847.85	3625.12	1.70	6162.70
	Incl/alambre negro #16						
	Sum =	12613.30		21442.61	7991.89		13586.21
CONCRETO	Vigas	15.50	311.40	4826.70	32.95	311.40	10260.63
	(M3)						
	Losa (s)	48.00	311.40	14947.20	49.00	311.40	15258.60
	Incl/impabiliz. bomba coner.						
	Sum =	63.50		19773.90	81.95		25519.23
ENCOFRADO	Vigas	145.00	17.04	2470.80	256.20	17.04	4365.65
	(M2)						
	Losa Inf. - Metálica	440.00	26.63	11717.20	440.00	26.63	11717.20
	Losa Sup. Planchetas	440.00	10.36	4558.40	0.00	0.00	0.00
	Incl/alambre negro #16 y clavos						
	Sum =	1025.00		18746.40	696.20		16082.85
SOLDADURA	Soldadura - EEM	440.00	0.86	387.20	0.00	0.00	0.00
	(M2)						
	Supercito						
	Sum =	440.00		387.20	0.00		0.00
PINTURA	Pint. Anticorrosiva	440.00	3.78	1663.20	0.00	0.00	0.00
	(M2)						
	Incl/aguarraz						
	Sum =	440.00		1663.20	0.00		0.00
LADRILLO	Ladrillo (20x30x30)	0.00	0.00	0.00	3600.00	0.87	3132.00
	20x30x30						
	(UND)						
	Sum =	0.00		0.00	3600.00		3132.00
<b>Costo Total de Materiales</b>				<b>62013.31</b>			<b>58320.29</b>
<b>Costo Total de Materiales x M2</b>				<b>140.94</b>			<b>132.55</b>

**COMPARACION DE COSTO DIRECTO DE MATERIALES:**  
**TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR E INFERIOR PERIMETRAL vs LOSA ALIGERADA**  
**OBRA AMPLIACION DE LA PLANTA INDUSTRIAL CROMOTEX S.A.**  
(GRAFICO 8-6)





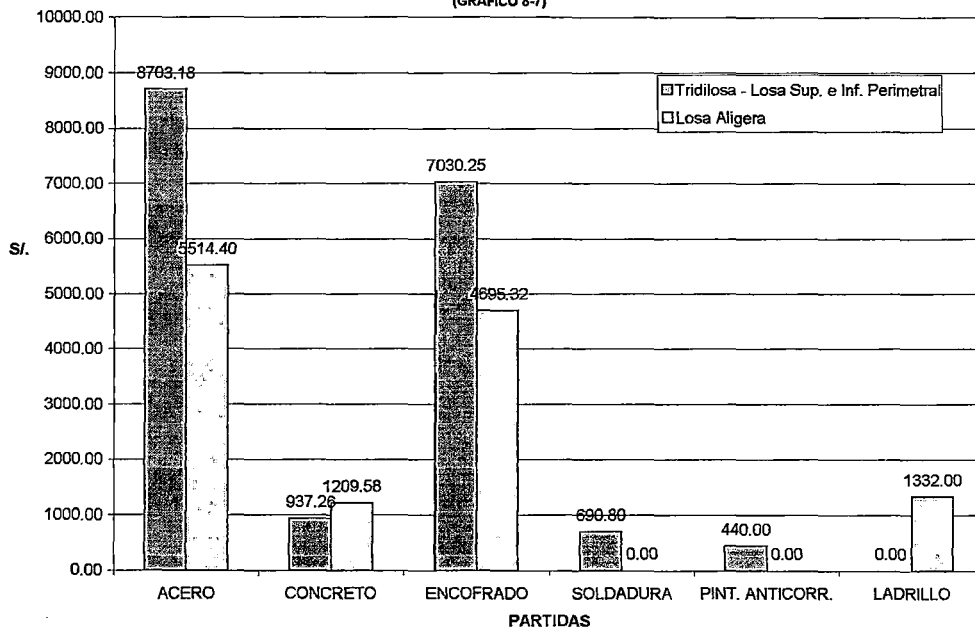


**Comparación de Cantidad y Costo de Mano de Obra (Costo Directo)**  
**Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

(Cuadro 8-5)

Material	Partida	Tridilosa - Losa Sup. e Inf. Perimetral			Aligerado de Concreto Armado		
		Metrado	P.U.	Costo (S/.)	Metrado	P.U.	Costo (S/.)
M.O.	Acero Vigas - Kg	2702.80	0.69	1864.93	4366.77	0.69	3013.07
(hh)	Acero Losa (s) - Kg	9910.50	0.69	6838.25	3625.12	0.69	2501.33
Incl/Cap - Op							
Of - Pe - O.E	Sum =	12613.30		8703.18	7991.89		5514.40
M.O.	Concreto Vigas - M3	15.50	14.76	228.78	32.95	14.76	486.34
(hh)	Concreto Losa (s) - M3	48.00	14.76	708.48	49.00	14.76	723.24
Incl/Cap - Op							
Of - Pe - O.E	Sum =	63.50		937.26	81.95		1209.58
M.O.	Encofrado Vigas - M2	145.00	13.77	1996.65	32.95	13.77	453.72
(hh)	Losa Inf. - Metálica	440.00	9.64	4241.60	440.00	9.64	4241.60
	Losa Sup. Planchetas	440.00	1.80	792.00	0.00	0.00	0.00
Incl/Cap - Op							
Of - Pe - O.E	Sum =	1025.00		7030.25	472.95		4695.32
M.O.	Soldadura - EEM - M2	440.00	1.57	690.80	0.00	0.00	0.00
(hh)							
Incl/Cap - Op							
Of - Pe - O.E	Sum =	440.00		690.80	0.00		0.00
M.O.	Pintura Anticorrosiva	440.00	1.00	440.00	0.00	0.00	0.00
(hh)							
Incl/Cap - Op							
Of - Pe - O.E	Sum =	440.00		440.00	0.00		0.00
M.O.	Ladrillo (20x30x30) - U	0.00	0.00	0.00	3600.00	0.37	1332.00
(hh)							
Incl/Cap							
Of - Pe	Sum =	0.00		0.00	3600.00		1332.00
<b>Costo Total de Mano de Obra</b>				<b>17801.49</b>			<b>12751.31</b>
<b>Costo Total de Mano de Obra x M2</b>				<b>40.46</b>			<b>28.98</b>

**COMPARACION DE COSTO DIRECTO DE MANO DE OBRA :**  
**TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR E INFERIOR PERIMETRAL vs LOSA ALIGERADA**  
**OBRA AMPLIACION DE LA PLANTA INDUSTRIAL CROMOTEX S.A.**  
(GRAFICO 8-7)



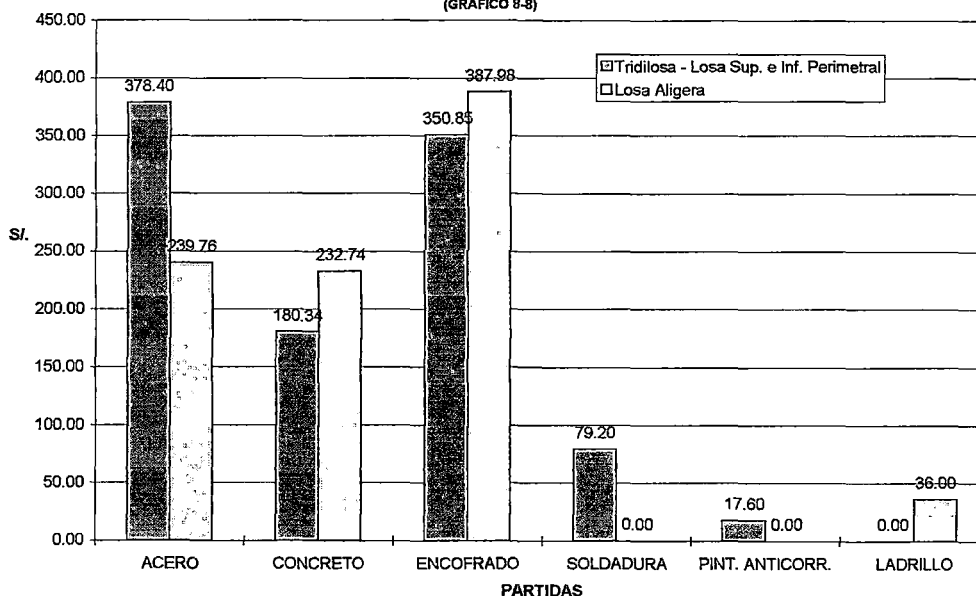


**Comparación de Cantidad y Costo de Equipos y Herramientas (Costo Directo)**  
**Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX S.A.**

(Cuadro 8-6)

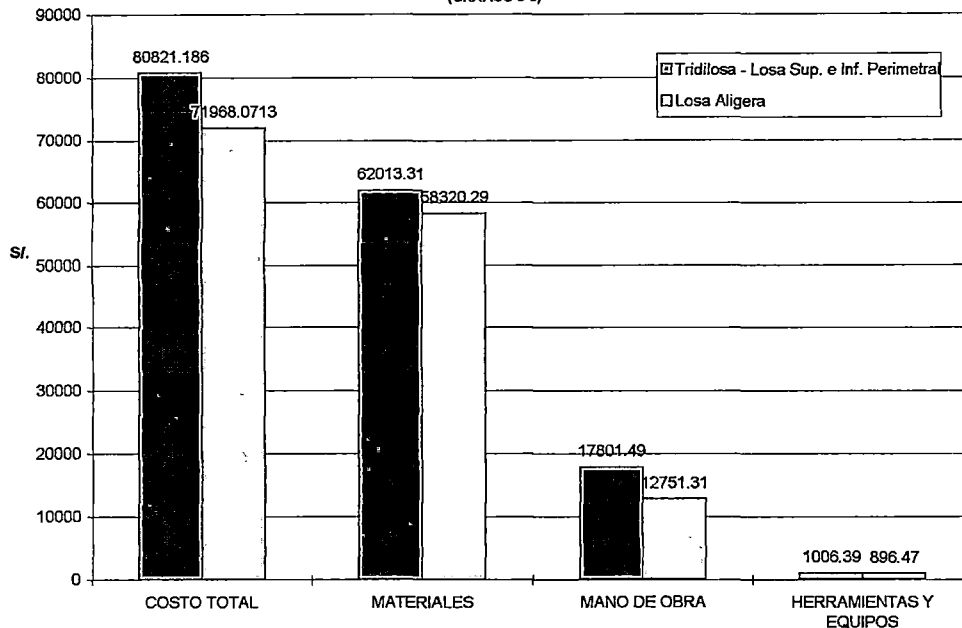
Material	Partida	Tridilosa - Losa Sup. e Inf. Perimetral			Aligerado de Concreto Armado		
		Metrado	P.U.	Costo (S/.)	Metrado	P.U.	Costo (S/.)
E.H.	Acero Vigas - Kg	2702.80	0.03	81.08	4365.77	0.03	131.00
(% MO)	Acero Losa (s) - Kg	9910.50	0.03	297.32	3625.12	0.03	108.75
Inc/herr. man.							
	Sum =	12613.30		378.40	7991.89		239.76
E.H.	Concreto Vigas - M3	15.50	2.84	44.02	32.95	2.84	93.58
(% MO - HE)	Concreto Losa (s) - M3	48.00	2.84	136.32	49.00	2.84	139.16
Inc/herr. man.							
vibr. coner.							
	Sum =	63.50		180.34	81.95		232.74
E.H.	Encofrado Vigas - M2	145.00	0.69	100.05	256.20	0.69	176.78
(% MO)	Losa Inf. - Metálica	440.00	0.48	211.20	440.00	0.48	211.20
	Losa Sup. Planchetas	440.00	0.09	39.60	0.00	0.00	0.00
Inc/herr. man.							
	Sum =	1025.00		350.85	696.20		387.98
E.H.	Soldadura - EEM - M2	440.00	0.18	79.20	0.00	0.00	0.00
(% MO - HE)							
Inc/herr. man.							
maquina sold.							
	Sum =	440.00		79.20	0.00		0.00
E.H.	Pintura Anticorrosiva - M2	440.00	0.04	17.60	0.00	0.00	0.00
(% MO)							
Inc/herr. man.							
	Sum =	440.00		17.60	0.00		0.00
E.H.	Ladrillo (20x30x30) - UND	0.00	0.00	0.00	3600.00	0.01	36.00
(% MO)							
Inc/herr. man.							
	Sum =	0.00		0.00	3600.00		36.00
<b>Costo Total de Equip. Herram.</b>				<b>1006.39</b>			
<b>Costo Total de Equip. Herram. x M2</b>				<b>2.29</b>			
					<b>896.47</b>		
						<b>2.04</b>	

**COMPARACION DE COSTO DIRECTO DE HERRAMIENTAS Y EQUIPOS:**  
**TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR E INFERIOR PERIMETRAL vs LOSA ALIGERADA**  
**OBRA AMPLIACION DE LA PLANTA INDUSTRIAL CROMOTEX S.A.**  
(GRAFICO 8-8)

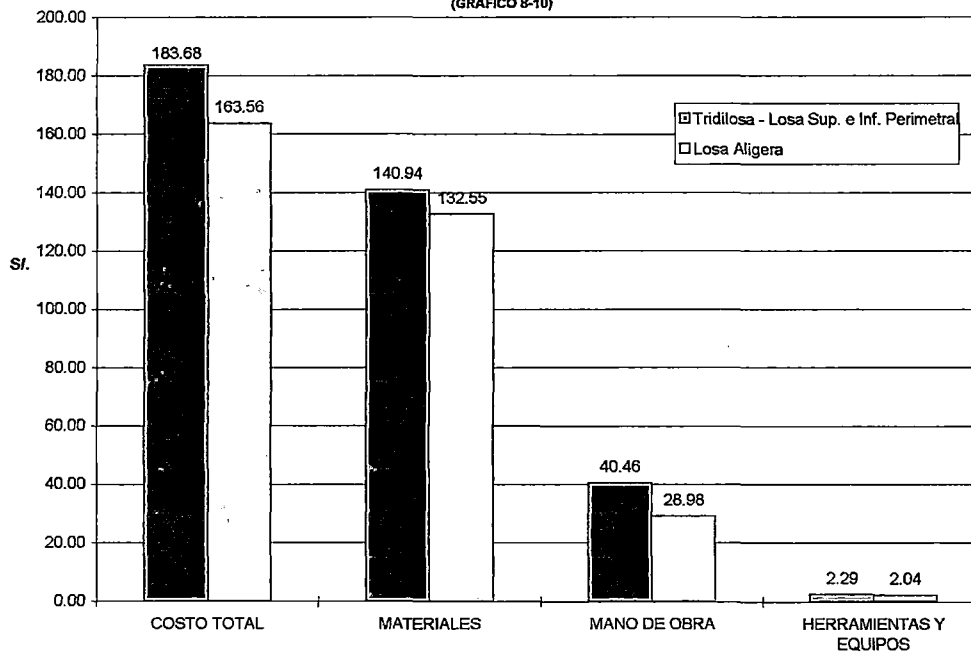




COMPARACION DE COSTO DIRECTO TOTAL:  
TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR E INFERIOR PERIMETRAL vs LOSA ALIGERADA  
OBRA AMPLIACION DE LA PLANTA INDUSTRIAL CROMOTEX S.A.  
(GRAFICO 8-9)

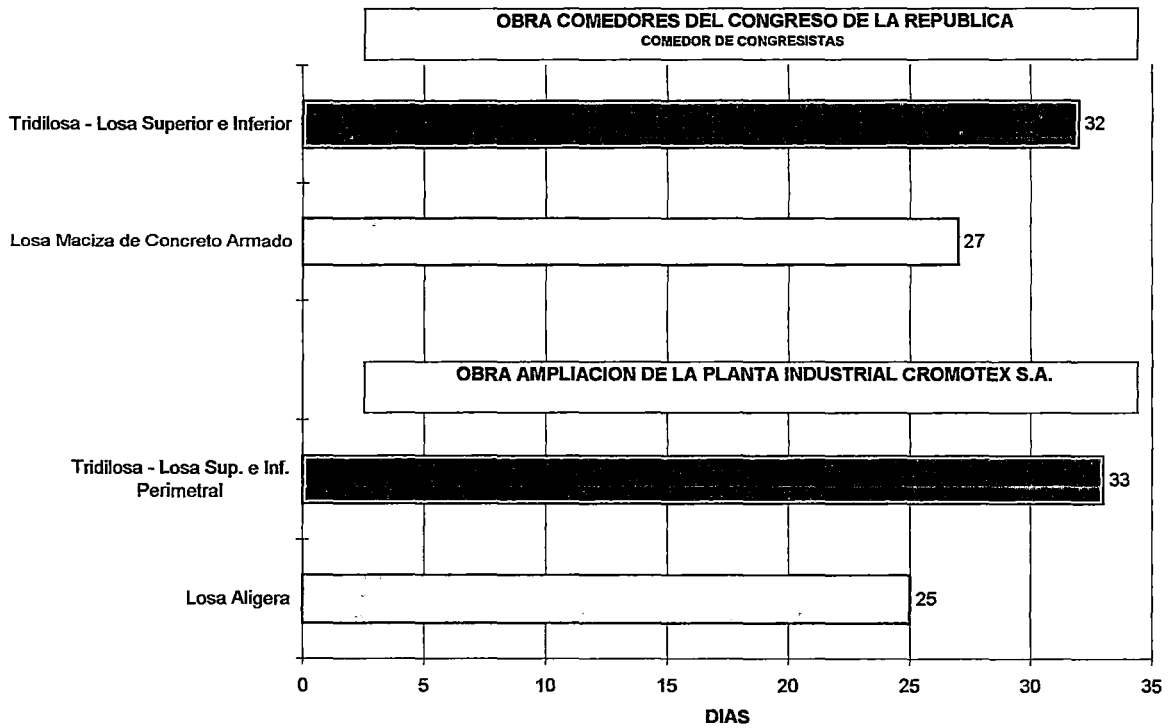


COMPARACION DE COSTO DIRECTO TOTAL POR M2:  
TRIDILOSA CON LOSA SUPERIOR E INFERIOR PERIMETRAL vs LOSA ALIGERADA  
OBRA AMPLIACION DE LA PLANTA INDUSTRIAL CROMOTEX S.A.  
(GRAFICO 8-10)





**COMPARACION DEL TIEMPO DE EJECUCION TOTAL:  
TRIDILOSA vs SISTEMA ESTRUCTURA ALTERNATIVO**  
(GRAFICO 8-11)





**CAPITULO IX**

***Conclusiones y  
Recomendaciones***



## CAPITULO IX

# Conclusiones y Recomendaciones

### 9.1. Conclusiones

---

Al iniciar la investigación, se planteó el siguiente objetivo, en el Plan de Tesis para Optar por el Título de Ingeniero Civil:

- ~ *“Describir el Procedimiento Constructivo de las Estructuras Espaciales Compuestas, un sistema estructural no convencional, que viene siendo empleado desde hace varios años, el cual por su filosofía estructural y constructiva, se perfila firmemente como un sistema competitivo a los tradicionales que poseen grandes luces, ya que presenta amplias ventajas en los aspectos técnicos y económicos”*

Esta ultima frase, *“... ya que presenta amplias ventajas en los aspectos técnicos y económicos”*, es la que amplió el objetivo de mi tesis, puesto que inicialmente tenia como única meta de describir el procedimiento constructivo de las estructuras espaciales compuestas, hecho que se puede apreciar en los siete primeros capítulos, sin embargo no contemplaba realizar un análisis comparativo con el sistema tradicional de concreto armado, puesto que asumía que el sistema estructural y constructivo de la tridilosa era un sistema superior al tradicional y su escasa difusión se debía a la patente de exclusividad.



Sin embargo dadas las observaciones por parte de la comisión de tesis, referidas a la última frase del objetivo de mi plan de tesis, decidí incluir un subcapítulo, titulado “2.5. *Análisis Comparativo con el Sistema Tradicional (Concreto Armado)*”.

Inicialmente tenía la idea de comparar costos globales y tiempo, empleando para ello un costo referencial por metro cuadrado de cobertura de luces con similar longitud, lamentablemente la escasez de datos frescos y de condiciones similares, (recordemos que el techo de la obra Comedor de Congresistas está diseñado para una sobrecarga de 600 kg/m<sup>2</sup>), truncaron esta idea, por lo cual decidí diseñar un sistema estructural alternativo, para cada una de las obras estudiadas, a fin de realizar comparaciones en condiciones óptimas.

El resultado de todo este esfuerzo se puede apreciar en el “*Capítulo VIII Análisis Comparativo con el Sistema Tradicional (Concreto Armado)*”, y como ya se debe de haber percatado, lo que se inició como un subcapítulo complementario, se terminó transformando en un capítulo adicional sumamente revelador, el cual a continuación comentaré:

#### **9.1.1. Conclusiones del Análisis de la Obra Comedor de Congresistas:**

En esta oportunidad compararemos una tridilosa con losa superior e inferior vs. una losa maciza de concreto armado reforzada en ambas direcciones.

Para realizar comparaciones porcentuales consideraré como el 100 % al costo o metrado de cada una de las partidas empleadas en la tridilosa o al global (ej. materiales) y sobre la base de esta determinaré los índices de reducción o incremento de costo, empleando la siguiente fórmula:

$$I_{(i)} = \frac{T_{(i)} - LM_{(i)}}{T_{(i)}} \times 100$$

donde:

$T_{(i)}$  = Costo o metrado de la partida “*i*” de la tridilosa o global del rubro “*i*” de la misma.



$LM_{(i)}$  = Costo o metrado de la partida "i" de la losa maciza o global del rubro "i" de la misma.

$I_{(i)}$  = Índice porcentual de reducción o incremento de costo de la partida "i" o global del rubro "i" materia de estudio.

**Nota:**

Cuando empleamos el metrado de la partida "i" en lugar del costo de la misma, se debe a que el precio unitario de esta, es el mismo para la tridilosa y la losa maciza.

Para mayor claridad veamos el siguiente ejemplo:

Determine el índice de reducción o incremento de costo de materiales empleados en la partida de concreto, al utilizar una tridilosa con doble losa en lugar de una losa maciza de concreto armado

La partida de concreto contempla lo siguiente:

- Tridilosa con losa superior e inferior = 85 m3 ( $T_{(concreto)}$ )
- Losa maciza de concreto armado = 158 m3 ( $LM_{(concreto)}$ )

(Nota: en ambos casos el precio unitario por m3 de concreto es el mismo)

Reemplazando valores en la formula anterior tenemos:

$$I_{(concreto)} = \frac{T_{(concreto)} - LM_{(concreto)}}{T_{(concreto)}} \times 100$$

$$I_{(concreto)} = \frac{85 - 158}{85} \times 100 = -85.8 \%$$





Por lo tanto el índice de costo de materiales empleados en la partida de concreto es - 85.8 %, es decir que al emplear la tridilosa en lugar de la maciza, estamos reduciendo en 85.8 % el costo y por ende la cantidad de material destinado a la elaboración concreto.

Aclarada la metodología de análisis procedamos al mismo.

1. Si comparamos la cantidad y el costo de “**materiales**” (cuadro 8-1), podemos afirmar que al emplear la tridilosa en lugar de una losa maciza se genera una significativa reducción de costo de materiales en esta obra.

Esta disminución se aprecia fundamentalmente en la reducción de concreto empleado, puesto que en el caso de la losa maciza utilizamos 158 m<sup>3</sup>, mientras que para la tridilosa únicamente 85 m<sup>3</sup>, es decir que la cantidad de concreto y por ende el costo se reducen sustancialmente (73 m<sup>3</sup>).

De acuerdo al índice de costo de materiales empleados en la partida de concreto, tenemos un 85.8% de reducción del costo al emplear la tridilosa en lugar de la losa maciza, sin embargo en contrapeso a esta reducción, la tridilosa incrementa en 17.4% la cantidad y costo de acero con respecto a la losa maciza, del mismo modo la tridilosa incrementa en 21.2% el costo de encofrado con respecto a la losa maciza (esto se debe al doble encofrado de la tridilosa).

Sumado a este incremento de costo de acero y encofrado debemos adicionar el generado por los materiales empleados en las partidas de soldadura y pintura anticorrosiva.

Pese a estos incrementos, el costo / m<sup>2</sup> de materiales para elaborar la tridilosa es de 170.43 soles, mientras que el costo / m<sup>2</sup> para la losa maciza es de 192.53 soles, es decir que el costo se reduce en 22.1 soles / m<sup>2</sup> al emplear la tridilosa.

De acuerdo al índice de costo total de materiales / m<sup>2</sup>, tenemos un 13 % de reducción al emplear la tridilosa en lugar de la losa maciza.

Note como el inicial 85 % de reducción de costo de materiales empleados en la partida de concreto, se ve reducido a un 13 % cuando se analizan todos los materiales empleados.



2. Si comparamos la cantidad y costo de **“mano de obra”** (cuadro 8-2), podemos afirmar que al emplear la tridilosa en lugar de la losa maciza, se genera un incremento de costo de mano de obra.

Este incremento se debe a que el costo de mano de obra utilizada en la partida de concreto, es menor que la sumatoria de costo de mano de obra empleada en las partidas de acero, encofrado, soldadura y pintura anticorrosiva, quienes a la vez son las partidas donde la tridilosa demanda un incremento de mano de obra con respecto a la losa maciza (gráfico 8-2).

El costo / m<sup>2</sup> de mano de obra para elaborar la tridilosa es de 48.89 soles, mientras que el costo / m<sup>2</sup> para la losa maciza es de 41.61 soles, es decir que el costo se incrementa en 7.20 soles / m<sup>2</sup> al emplear la tridilosa.

De acuerdo al índice de costo total de mano de obra / m<sup>2</sup> tenemos un 14.9 % de incremento al emplear la tridilosa en lugar de la losa maciza.

3. Si comparamos la cantidad y costo de **“equipos - herramientas”** (cuadro 8-3), podemos afirmar que al emplear la tridilosa en lugar de la losa maciza, se mantiene el mismo patrón descrito en el punto anterior, puesto que en la mayoría de las partidas este rubro está representado por un porcentaje de la mano de obra.

El costo / m<sup>2</sup> de equipos - herramientas, para elaborar la tridilosa es de 2.60 soles, mientras el costo / m<sup>2</sup> para la losa maciza es de 2.52 soles, es decir que el costo se incrementa en 0.08 soles / m<sup>2</sup> al emplear la tridilosa.

De acuerdo al índice de costo total de equipos - herramientas / m<sup>2</sup> tenemos un 3 % de incremento al emplear la tridilosa en lugar de la losa maciza.

4. Si comparamos el **“costo directo total”** (materiales, mano de obra y equipos - herramientas), podemos afirmar que al emplear la tridilosa en lugar de la losa maciza, se genera una reducción del costo directo total.



Si analizamos el gráfico 8-5, nos damos cuenta que en el único rubro donde la tridilosa presenta una reducción de costos con respecto a la losa maciza, es en los materiales, afortunadamente esta reducción supera el incremento de los demás rubros (mano de obra y equipos - herramientas).

El costo directo total / m<sup>2</sup>, para elaborar la tridilosa es de 221.92 soles, mientras el costo directo total / m<sup>2</sup> para la losa maciza es de 236.67 soles, es decir que el costo se reduce en 14.75 soles / m<sup>2</sup> al emplear la tridilosa.

De acuerdo al índice de costo directo total / m<sup>2</sup> tenemos un 6.6 % de reducción al emplear la tridilosa en lugar de la losa maciza.

Note como los iniciales 22.1 soles / m<sup>2</sup> de reducción de costo por el concepto de materiales, son diluidos por los incrementos de costo de mano de obra y equipos - herramientas, hasta llegar a 14.75 soles / m<sup>2</sup> de reducción del costo directo total, al emplear la tridilosa en lugar de la losa maciza.

Si multiplicamos este factor de reducción de costo directo total / m<sup>2</sup> (14.75 soles / m<sup>2</sup>) por el área del comedor de congresistas (399.4 m<sup>2</sup>) tenemos una reducción de 5 891.15 soles al emplear la tridilosa.

5. Tal como hemos expresado en el punto 2, para la ejecución de la tridilosa se emplea más dinero por el concepto de mano de obra, es decir que se emplean más horas hombre, lo que significa mayor cantidad de tiempo, sumado a esto los tiempos tecnológicos propios de las diversas partidas y de acuerdo a una programación con los mismos rendimientos y bajo condiciones similares, tenemos que la tridilosa requiere 32 días de ejecución, mientras que para la ejecución de la losa maciza se requieren 27, es decir 5 días menos que la tridilosa.

De acuerdo al índice de tiempo, tenemos un 15.6 % de incremento de tiempo de ejecución al emplear la tridilosa en lugar de la losa maciza.



6. Resumiendo, la reducción del costo directo total de 6.6 % al emplear la tridilosa en lugar de la losa maciza, proviene única y exclusivamente del ahorro de concreto tal como mencionamos anteriormente, sin embargo para ahorrar concreto hay que ejecutar una serie de partidas adicionales (encofrado perdido, soldadura y pintura anticorrosiva), las cuales incrementan el tiempo de ejecución de la obra en un 15.6 %.

7. Tal como hemos indicado en el punto 5, para la ejecución de la tridilosa se emplean 5 días más que en el caso de la losa maciza, este incremento de tiempo aumenta el costo indirecto de obra, el cual esta dado por el sueldo de Ing. residente, Ing. asistente, administrador y maestro general, cada uno con un sueldo de 4 500, 2 500, 2 000 y 2 000 soles respectivamente.

Si consideramos que los 5 días adicionales representan una semana de trabajo, el costo indirecto se incrementa en 2 750 soles.

Con lo cual tenemos una reducción del costo total (costo directo + costo indirecto) de 3 141 soles, al emplear la tridilosa en lugar de la losa maciza.

8. Existe otra aspecto fundamental **“la arquitectura”**, que hasta ahora no se ha analizado, con lo cual la elección de la tridilosa adquiere mayor solidez.

Por requerimientos arquitectónicos se requiere un techo limpio, sin vigas peraltadas hacia abajo, para lo cual la tridilosa es ideal, a diferencia de la losa maciza, donde las vigas tendrían que ir peraltadas hacia abajo, y si queremos ocultarlas tendríamos que colocar un falso techo, que elevaría el costo y aumentaría el tiempo de ejecución reforzando la elección de la tridilosa.

Sin embargo para el caso particular de la obra del Congreso, donde el techo esta cubierto por tierra de chacra y sobre ella jardín, era posible emplear una losa maciza, para lo cual únicamente debíamos invertir las vigas, peraltándolas hacia arriba, ya que iban a estar cubiertas.



### 9.1.2. Conclusiones del Análisis de la Obra Ampliación de la Planta Industrial CROMOTEX:

En esta oportunidad compararemos una tridilosa con losa superior e inferior perimetral vs. una losa aligerada de concreto armado.

Al igual que en el análisis anterior, para realizar comparaciones porcentuales consideraré como el 100 % al costo o metrado de cada una de las partidas empleadas en la tridilosa o al global (ej. materiales) y sobre la base de esta determinare los índices de reducción o incremento de costo, empleando la siguiente fórmula:

$$I_{(i)} = \frac{T_{(i)} - LA_{(i)}}{T_{(i)}} \times 100$$

donde:

$T_{(i)}$  = Costo o metrado de la partida "i" de la tridilosa o global del rubro "i" de la misma.

$LA_{(i)}$  = Costo o metrado de la partida "i" de la losa aligerada o global del rubro "i" de la misma.

$I_{(i)}$  = Índice porcentual de reducción o incremento de costo de la partida "i" o global del rubro "i" materia de estudio.

#### Nota:

Cuando empleamos el metrado de la partida "i" en lugar del costo de la misma, se debe a que el precio unitario de esta, es el mismo para la tridilosa y la losa aligerada.

Aclarada la metodología de análisis procedamos al mismo.



1. Si comparamos la cantidad y el costo de "**materiales**" (cuadro 8-4), podemos afirmar que al emplear la tridilosa en lugar de una losa aligerada, se genera un incremento del costo de materiales en esta obra.

Este incremento se aprecia fundamentalmente en la partida de acero, puesto que en el caso de la tridilosa se emplea 12 613 kg de acero, mientras que para la losa aligerada 7 992 kg de acero, es decir 4 621 kg de diferencia. Expresado en forma porcentual de acuerdo al índice de costo de materiales empleados en la partida de acero, tenemos un incremento de 36.6 % de costo al emplear la tridilosa en lugar de la losa aligerada.

Por otro lado al analizar la cantidad de concreto empleado, nos percatamos que la tridilosa emplea 63.5 m<sup>3</sup>, mientras que la losa aligerada 81.95 m<sup>3</sup>, lo que representa una diferencia de 18.45 m<sup>3</sup>. Expresado en forma porcentual de acuerdo al índice de costo de materiales empleados en la partida de concreto tenemos un 29 % de reducción del costo al emplear la tridilosa en lugar de la losa aligerada.

Si comparamos los índices de las partidas de concreto y acero, nos percataremos que la reducción de costos por el concepto de concreto, no logra compensar el incremento de costos por concepto de acero, con lo cual la tridilosa se torna más costosa que el aligerado.

Adicionalmente, la partida de encofrado incrementa su costo en un 14.2 % al emplear la tridilosa en lugar del aligerado.

Sumado a esto debemos considerar el costo de los materiales empleados en la partida de soldadura y pintura anticorrosiva para el caso de la tridilosa y el costo de los ladrillos para el caso del aligerado.

Realizando la sumatoria respectiva tenemos que el costo / m<sup>2</sup> de materiales para elaborar la tridilosa es de 140.94 soles, mientras que el costo / m<sup>2</sup> para la losa aligerada es 132.55 soles, es decir que el costo se incrementa en 8.39 soles / m<sup>2</sup> al emplear la tridilosa.

De acuerdo al índice de costo total de materiales / m<sup>2</sup> tenemos un 5.95 % de incremento al emplear la tridilosa en lugar de la losa aligerada.



2. Si comparamos la cantidad y el costo de **“mano de obra”** (cuadro 8-5), podemos afirmar que al emplear la tridilosa en lugar de una losa aligerada, se genera un incremento del costo de mano de obra en esta obra.

Este incremento se debe principalmente al costo de mano de obra de la partida de acero al emplear la tridilosa en lugar de la losa aligerada, asimismo las partidas de encofrado, soldadura y pintura anticorrosiva incrementan los costos de mano de obra.

El costo / m<sup>2</sup> de mano de obra al emplear la tridilosa es de 40.46 soles, mientras que el costo / m<sup>2</sup> para la losa aligerada es de 28.98 soles, es decir que el costo se incrementa en 11.48 soles al emplear la tridilosa.

De acuerdo al índice de costo total de mano de obra / m<sup>2</sup> tenemos un 28.37 % de incremento al emplear la tridilosa en lugar de la losa aligerada.

3. Si comparamos la cantidad y el costo de **“equipos - herramientas”** (cuadro 8-6), podemos afirmar que al emplear la tridilosa en lugar de una losa aligerada, se mantiene el mismo patrón descrito en el punto anterior, puesto que en la mayoría de las partidas este rubro está representado por un porcentaje de la mano de obra.

El costo / m<sup>2</sup> de equipos - herramientas para elaborar la tridilosa es de 2.29 soles, mientras que el costo / m<sup>2</sup> para la losa aligerada es de 2.04 soles, es decir que el costo incrementa en 0.25 soles / m<sup>2</sup> al emplear la tridilosa.

De acuerdo al índice de costo total de equipos - herramientas / m<sup>2</sup> tenemos un 10.92 % incremento al emplear la tridilosa en lugar de la losa aligerada.

4. Si comparamos el **“costo directo total”** (materiales, mano de obra y equipos - herramientas), podemos afirmar que al emplear la tridilosa en lugar de una losa aligerada, se genera un incremento significativo del costo directo total.

Este incremento de costo se aprecia en todas las partidas anteriormente descritas, salvo el caso de la partida de concreto.



El costo directo total / m<sup>2</sup> para elaborar la tridilosa es de 183.69 soles, mientras que el costo / m<sup>2</sup> para la losa aligerada es de 163.56 soles, es decir que el costo incrementa en 20.12 soles / m<sup>2</sup> al emplear la tridilosa.

Note como de los 20.12 soles / m<sup>2</sup> de incremento de costo directo total, 11.57 soles / m<sup>2</sup> provienen del incremento del costo de mano de obra, valor que representa un 57.5 % del incremento total.

De acuerdo al índice de costo directo total / m<sup>2</sup> tenemos un 10.95 % de incremento al emplear la tridilosa en lugar de la losa aligerada.

Si multiplicamos este factor de incremento de costo directo total / m<sup>2</sup> (20.12 soles / m<sup>2</sup>) por el área de la obra ampliación de la planta industrial CROMOTEX (440 m<sup>2</sup>), tenemos un incremento de 8 852 soles al emplear la tridilosa.

5. Tal como hemos expresado en el punto 2, para la ejecución de la tridilosa se emplear más dinero por el concepto de mano de obra, es decir que se emplean más horas hombre, lo que significa mayor cantidad de tiempo, sumado a los tiempos tecnológicos propios de las diversas partidas y de acuerdo a una programación de obra con los mismos rendimientos y bajo condiciones similares, tenemos que tridilosa requiere 33 días para su ejecución, mientras que la losa aligerada requiere 25 días, es decir 8 días menos que la tridilosa. De acuerdo al índice de tiempo, tenemos un 24.2 % de incremento del tiempo de ejecución al emplear la tridilosa en lugar de la losa aligerada.
6. Resumiendo, el incremento de costo directo total de 10.95 % al emplear la tridilosa en lugar de la losa aligerada proviene principalmente del incremento de mano de obra (57.5 %), asimismo este incremento de mano de obra eleva el tiempo de ejecución en 24.2 %.
7. Tal como hemos indicado en el punto 5, para la ejecución de la tridilosa se emplean 8 días más que en el caso de la losa aligerada, este incremento de tiempo aumenta el costo indirecto de obra, el cual esta dado por el sueldo de Ing. residente, Ing. asistente, administrador y maestro general, cada uno con un sueldo de 4 500, 2 500, 2 000 y 2 000 soles respectivamente.





Si consideramos que los 8 días adicionales representan una semana de trabajo, el costo indirecto se incrementa en 2 750 soles,

Con lo cual tenemos incremento del costo total (costo directo + costo indirecto) de 11 602 soles, al emplear una tridilosa en lugar de una losa aligerada.

8. Existe otro aspecto fundamental "la arquitectura", que hasta ahora no se ha analizado, con lo cual la elección de la tridilosa adquiere justificación, puesto que hasta el momento no presenta fundamento económico que respalde dicha elección.

Por arquitectura se requiere un techo limpio, sin vigas, para lo cual la tridilosa es ideal a diferencia de la losa aligerada que necesariamente tiene que estar sustentada sobre vigas intermedias peraltadas hacia abajo, espaciadas cada 6 metros, las cuales para ser ocultadas requerirían la colocación de un falso techo, con lo que el costo y tiempo podría igualarse.

### **9.1.3. Conclusiones Generales**

1. El grado de instrucción y capacitación del personal, es fundamental para la construcción adecuada de una tridilosa, puesto que las tareas propias del proceso constructivo de la tridilosa demandan mano de obra especializada, con experiencia en este tipo de tareas.

Asimismo si comparamos los planos de la tridilosa con los planos de losa maciza o losa aligerada, nos percataremos de la gran diferencia de detalle y complejidad de los planos de la tridilosa con respecto a los sistemas tradicionales.

Estas diferencias demandan personal con mayor instrucción y capacitación, es decir mano de obra más costosa.

Sin embargo dadas las condiciones socioeconómicas propias de nuestro país, acentuadas con la recesión, obligan a la mano de obra especializada, a cotizarse en el mercado laboral al mismo costo de la mano de obra promedio, a fin de garantizar un puesto de trabajo.



2. La confianza del cliente, es un aspecto vital, ya que si al cliente se le vende la idea que la tridilosa es el “**único sistema estructural**” que puede cumplir con los requerimientos arquitectónicos del proyecto, tenga la plena seguridad que así la tridilosa resulte más costosa que otro sistema alternativo, el cliente va a elegir a la tridilosa, porque confía en el proyectista.

Un claro ejemplo de este fenómeno se presentó en la obra Comedores del Congreso de la República, cuando al arquitecto encargado de la elaboración y supervisión del proyecto se le vendió la idea que la tridilosa era su única alternativa y además resultaba económica.

En el caso de la obra ampliación de la planta industrial Cromotex, la confianza del cliente fue mayor, puesto que anteriormente este ya había contratado los servicios de la empresa consultora - constructora, quien hace varios años había construido una tridilosa similar en la misma planta, obra que a la fecha se encuentra intacta y no presenta falla alguna.

Por lo tanto en este caso particular el cliente invierte en un sistema que resulta un poco más costoso que el tradicional, puesto que considera que la tridilosa es una buena inversión ya que es un sistema que el mismo ha probado y comprobado.

3. La tendencia actual, de la construcción, esta apegada a la simplificación de procesos, reducción del costo de mano de obra, dejar de lado lo artesanal para incursionar en la prefabricación e industrialización (puesto que al industrializar la construcción se adquieren estándar de control y calidad superiores), aspectos que no se aprecian durante el proceso constructivo de la tridilosa, puesto que:

- a) El proceso constructivo es complicado en comparación con el tradicional.
- b) El costo de mano de obra se incrementa notablemente.
- c) Su proceso constructivo es artesanal, especialmente en las partidas de encofrado perdido y soldadura.

Con esto no se quiere indicar que la tridilosa sea un mal sistema, puesto que sería muy fácil rebatir dicho argumento con la gran cantidad de obras ejecutadas hasta la fecha que siguen operativas, lo que se quiere resaltar en el proceso constructivo, es que la técnica empleada es la misma desde sus inicios, con algunas leves variantes e innovaciones.



4. Empresas Constructoras, a la fecha solo existe una empresa que construye tridilosas en el país, y por ende es la única que posee el personal calificado necesario, por lo tanto si se desea construir una tridilosa necesariamente se tiene que recurrir a dicha empresa, lo que constituye un monopolio del sistema.

Además si se subcontrata este servicio, se va a depender de un tercero quien va marcar el ritmo de avance de la obra.

5. Los Parámetros de Licitación, empleados en los procesos de adjudicación de la Buena Pro, contemplan los siguientes aspectos:
- Técnicos
  - Económicos (costo)
  - Plazo de Ejecución (tiempo)

Por lo tanto, debe evaluarse si la reducción de costo, resulta más beneficiosa que la reducción de tiempo, puesto que generalmente las licitaciones se ganan por el menor plazo de ejecución.

6. ¿Es recomendable emplear una tridilosa?, esta es una pregunta muy amplia, ya que posee una gran cantidad de variables, sin embargo luego del análisis realizado, puedo indicar que cada obra es una entidad única y particular, por lo tanto no está sujeta a generalidades, y para elegir entre un sistema u otro lo recomendable es elaborar un análisis comparativo similar al que desarrollado anteriormente, siempre que el monto de obra lo justifique y sobre la base de este tomar una decisión.



## **9.2. Recomendaciones**

---

Con la finalidad de materializar una tridilosa de la mejor manera, se debe tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

1. En cuanto a la habilitación del acero, es recomendable estudiar detenidamente los planos estructurales, para definir las longitudes, formas y diámetros de cada pieza, a fin de realizar cortes que minimicen desperdicios y prevean la utilización de los sobrantes (programación de corte), siguiendo los principios básicos de doblado, tolerancias de corte, radios mínimos de doblado etc., descritos en el capítulo VI Acero, ítem 6.1.1.

Otra opción, puede ser eliminar la partida de habilitación de acero, comprando "ACERO DIMENSIONADO", para ello tendría que evaluarse el beneficio / costo de esta elección.

Para el caso de la tridilosa, recomendaría emplear acero dimensionado, puesto que de este modo se eliminarían los 5 días utilizados en proceso de habilitación del acero, con lo cual el tiempo de ejecución de la tridilosa sería similar al del sistema tradicional.



2. Es necesario que antes de iniciar el proceso de vaciado de la losa inferior, capiteles y vigas, se verifique la contraflecha de todos los elementos anteriormente citados, empleando para ello nivel de ingeniero y miras.

En caso de encontrar algún punto cuya contraflecha sea diferente a lo especificado deberá corregirse dicho desperfecto antes del vaciado, dado que la tridilosa trabaja mejor cuando su estructura se asemeja a una bóveda.

3. Para el caso de elementos verticales tales como columnas y placas, recomendaría emplear una pintura curadora, a fin de garantizar las resistencias mínimas especificadas y eliminar el proceso de curado por aspersión.
4. Es recomendable el mantenimiento periódico de la pintura anticorrosiva de los diagonales de la tridilosa con losa superior e inferior perimetral,

La frecuencia de este proceso, dependerá de la ubicación y humedad de la zona en que se encuentre la tridilosa.

5. El personal que labora en obra, debe contar con todos los equipos e implementos de seguridad, especialmente aquellos que trabajan con electricidad y soldadura.



## **BIBLIOGRAFÍA**

CONCRETO REFORZADO "Un enfoque básico". Naway Edward. Editorial Prentice – may Hispanoamericana S.A. México DF. 1988.

COSTOS Y PRESUPUESTOS EN EDIFICACIÓN. Ramos, Jesús. Editorial CAPECO. Lima 1989.

CORROSIÓN. Galvele, José. Editorial Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos. Washington, D.C 1979.

ESTRUCTURAS ESPACIALES COMPUESTAS. Bozzo Ch, Miguel. Editorial Amauta. Lima 1970.

ESTRUCTURA ESPACIAL COMPUESTA, Miguel Bozzo CH, Luis Bozzo R. Editorial DIRACSA, Lima 1984

INSTRUCCIÓN PARA ESTRUCTURAS DE ACERO. Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento. Editorial Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y del Cemento. Madrid 1962.

LA MODERNIDAD EN LA OBRA DE EDUARDO TORROJA. Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Editorial Turner. Madrid 1979.

LA CONSTRUCCIÓN METÁLICA. Ramos López, Agustín. Editorial Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Madrid 1963.

MANUAL DE DISEÑO PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO. Proyectos Andinos de Desarrollo Tecnológico en el área de los Recursos Forestales Tropicales ( PADT – REFORT ). Editado por la Junta del Acuerdo de Cartagena. Lima 1982.

PROGRAMACIÓN PERT-CPM Y CONTROL DE PROYECTOS. López M. Hilario, Editorial CAPECO Lima 1987.



PRONTUARIO DE MAQUINARIA PARA LA CONSTRUCCIÓN. Hewer Gubony Hinrichsen. Editorial Blume. Barcelona 1975.

RAZÓN Y SER DE LOS TIPOS ESTRUCTURALES. Torroja, Eduardo. Editorial Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento. Madrid 1960.

SOLDADURA : APLICACIONES Y PRÁCTICA, Horwitz, Henry. Editorial Alfaomega. México, D.F. 1990

TÉCNICA Y PRÁCTICA DE LA SOLDADURA. Giachino, Joseph W.; Weeks, William. Editorial Reverté. Barcelona 1994.

TECNOLOGÍA DE LA SOLDADURA. Publicación del Centro Tecnológico EXSA (División de Soldadura). Editorial EXSA. Lima 2000.

THE STRUCTURES OF EDUARDO TORROJA. Torroja, Eduardo. Editorial F.W. Dodge Corporation. New York 1958.

TRATADO DE SOLDADURA POR RESISTENCIA. Jiménez Balboa, Luis. Editorial Técnicas Marcombo, Barcelona 1962.

UNISPAN CHILE S.A. ANDAMIOS

[www.digicat.cl/unispan/home.html](http://www.digicat.cl/unispan/home.html)

[www.edifica.cl/expositores/unispan.htm](http://www.edifica.cl/expositores/unispan.htm)

TORODIN HYDROS

[www.viapol.com.br](http://www.viapol.com.br)

HERBERTO CASTILLO

[www.igc.apc.org/unitedelect/vol2no8.html](http://www.igc.apc.org/unitedelect/vol2no8.html)

[www.unam.mx/voices/1997/jul/bugeda.html](http://www.unam.mx/voices/1997/jul/bugeda.html)