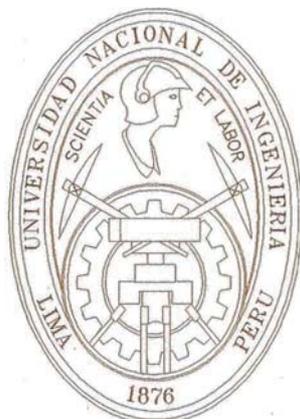


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE ARQUITECTURA, URBANISMO Y ARTES



**“EL ARQUITECTO Y CRITERIOS PARA LA
ELECCION DE HERRAMIENTAS Y
MAQUINARIAS EN LA CONSTRUCCION”**

Informe De Suficiencia

Para optar el Título Profesional de
ARQUITECTO

CESAR NONATO GUARDIA MORALES

Asesor
ARQ. JULIO POMA ELIAS

Lima – Perú 2,002

Cuando se intenta cualquier acción, o se emprende una jornada se debe culminar, no hay peor empresa que la que se abandona, este informe nace después de un largo, diría demasiado tiempo de espera, y es una puerta que se cierra para culminar la empresa de ser, dejándome la llave para abrir otras puertas en adelante, tratando de cumplir sueños, anhelos y por que no a veces quimeras, por lo que agradezco a todos los que me esperaron y apoyaron para lograr esta llave.

a Uds.:

Salvador, Silvia, Abel, Gladys I, Gladys II, Andrea, Alonso,
Carlinhos, Patty,
Uds. Saben a quienes me refiero.

GRACIAS.

INDICE

1. INTRODUCCIÓN – MOTIVACIÓN

- 1.1. Motivación
- / 1.2. Estancamiento Tecnológico
- 1.3. Diseño y construcción deben coordinarse
- 1.4. Industrialización de la construcción
- 1.5. Normas Versus Desarrollo
- 1.6. Aliento a la investigación

2. PRESENTACIÓN DEL TEMA Y PLAN DE TRABAJO

- 2.1. Enfoque del tema – Plan de Trabajo
- 2.2. Evolución del sector construcción
- 2.3. La construcción en la etapa actual
- 2.4. Rol del Estado y la actividad privada
- 2.5. La selección y programación de las inversiones

3. HISTÓRIA DE LAS HERRAMIENTAS Y MAQUINARIAS

- 3.1. Breve historia
 - 3.1.1. La edad de piedra
 - 3.1.2. Las edades del cobre y bronce
 - 3.1.3. La edad del hierro
- 3.2. Desde Grecia hasta nuestros días
- 3.3. De la maquina de construcción al robot
- 3.4. Tres mil años de topografía

4. HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN

- 4.1. Introducción y objetivos
- 4.2. Definiciones generales
- 4.3. Las herramientas y maquinarias en la construcción
 - 4.3.1. Clasificación
- 4.4. Usos de herramientas y maquinarias en el proceso constructivo
 - 4.4.1. Trazo replanteo y nivelación
 - 4.4.1.1. Métodos simples de trazo
 - 4.4.1.2. Instrumentos topográficos

- 4.4.1.3. Métodos de percepción remota
- 4.4.1.4. Criterios y consideraciones seleccionadores de equipo

4.4.2. Movimientos de tierras

- 4.4.2.1. Herramientas manuales
- 4.4.2.2. Equipo mecánico

- 4.4.2.2.1. Tractores
- 4.4.2.2.2. Motoniveladoras
- 4.4.2.2.3. Cargadores frontales
- 4.4.2.2.4. Excavadoras
- 4.4.2.2.5. Traíllas
- 4.4.2.2.6. Equipo para compactación

- 4.4.2.3. Criterios y consideraciones seleccionadores de equipo

4.4.3. Equipo para concreto

- 4.4.3.1. Introducción
- 4.4.3.2. Elementos básicos de calidad

- 4.4.3.2.1. La relación agua cemento
- 4.4.3.2.2. La segregación
- 4.4.3.2.3. El entrapamiento del aire
- 4.4.3.2.4. Una adecuada dosificación

- 4.4.3.3. Equipo para la dosificación de los ingredientes
- 4.4.3.4. Equipo para preparación de agregados y materiales para relleno

- 4.4.3.4.1. Equipo para extracción de material de ríos y canteras
- 4.4.3.4.2. Equipo para trituración y selección
- 4.4.3.4.3. Equipo para lavado de arena

- 4.4.3.5. Equipo para mezclado de concreto

- 4.4.3.5.1. Mezcladoras estacionarias
- 4.4.3.5.2. Mezcladoras móviles

- 4.4.3.6. Equipo para transporte y colocación de concreto

- 4.4.3.6.1. Transporte fuera de obra
- 4.4.3.6.2. Transporte en obra

- 4.4.3.6.2.1. Transporte horizontal
- 4.4.3.6.2.2. Transporte vertical

- 4.4.3.6.2.3. Transporte mixto
 - 4.4.3.6.2.3.1. Grúas automóviles
 - 4.4.3.6.2.3.2. Grúas torre
- 4.4.3.7. Equipo para bombeo de concreto
 - 4.4.3.7.1. Bombas de pistón
 - 4.4.3.7.2. Bombas neumáticas
- 4.4.3.8. Equipo para compactación de concreto
 - 4.4.3.8.1. Métodos manuales
 - 4.4.3.8.2. Métodos mecánicos
 - 4.4.3.8.2.1. Apisonado mecánico
 - 4.4.3.8.2.2. Vibración
 - 4.4.3.8.2.3. Vibración y rodillado
- 4.4.3.9. Equipo para encofrado de concreto
 - 4.4.3.9.1. Encofrado metálico
- 4.4.3.10. Equipo para demolición de concreto
 - 4.4.3.10.1. Demolición
 - 4.4.3.10.2. Hidrodemolición
- 4.4.3.11. Criterios y consideraciones seleccionadores de equipo
- 4.4.4. Herramientas y equipos para oficios de obra
 - 4.4.4.1. Introducción
 - 4.4.4.2. Albañilería
 - 4.4.4.2.1. Trazo y medidas
 - 4.4.4.2.2. Preparación de morteros ó yeso
 - 4.4.4.2.3. Revestimientos
 - 4.4.4.3. Carpintería
 - 4.4.4.4. Herrería y mecánica
- 4.4.5. Herramientas y equipos para instalaciones sanitarias
- 4.4.6. Herramientas y equipos para instalaciones eléctricas
- 4.4.7. Herramientas y equipos para acabados
- 4.4.8. Equipos auxiliares para obra

- 4.4.8.1. Grupos electrógenos
- 4.4.8.2. Compresoras
- 4.4.8.3. Bombas
- 4.4.8.4. Equipos para unir metales

5. SISTEMAS DE SEGURIDAD EN OBRA

6. EL EQUIPO Y SUS COSTOS DE OPERACIÓN

- 6.1. Introducción
- 6.2. Generalidades
- 6.3. Costos de operación
 - 6.3.1. Valor de adquisición de la maquinaria (Va)
 - 6.3.2. Vida económica útil
 - 6.3.3. Valor de inversión media anual (VIMA)
 - 6.3.4. Valor de salvataje (Vr)
- 6.4. Gastos Fijos
 - 6.4.1. Depreciación (D)
 - 6.4.2. Interés de capital invertido (I)
 - 6.4.3. Seguros, Almacenaje, etc. (S)
 - 6.4.4. Mantenimiento y reparación
- 6.5. Gastos variables
 - 6.5.1. Combustibles
 - 6.5.2. Lubricantes
 - 6.5.3. Filtros
 - 6.5.4. Llantas

7. CONCLUSIONES

8. ANEXOS

9. BIBLIOGRAFÍA

1. INTRODUCCION - MOTIVACION

Me permito comentar un hecho verdadero:

La Avenida de los Campos Elíseos es quizás la arteria más transitada de París, y esta la que soporta uno de los tráficos más intensos del mundo, en el año 1988 se efectuó una reparación de carácter mayor en esa vía, que afectaba uno de los tantos túneles ubicados a muchos metros por debajo de la calzada. A las once de la noche los policías aislaron un sector de la avenida, concentrándose gran número de trabajadores, así como la presencia de herramientas menores, camiones y equipos de construcción, procediéndose a levantar los adoquines del pavimento, realizar una profunda excavación que permitió reparar el tubo afectado, incluyendo armado, encofrado y vaciado de concreto en un muro de refuerzo, luego se realizó el relleno de compactado y finalmente la reposición del adoquinado. A las seis o siete de la mañana circulaban nuevamente los vehículos, de tal manera que la gente que a esa hora se dirigía a sus trabajos no se enteraron de nada, **fruto de una eficiente programación y del uso de herramientas adecuadas**, este trabajo constituyó una tarea rutinaria indispensable para evitar molestias al tránsito y al comercio. De paso el costo del proceso se redujo a unas pocas horas del uso de equipo, de mano de obra y el costo de los materiales correspondientes.

Un problema de las mismas dimensiones en cualquiera de nuestros distritos, tendría que pasar primero por la iniciativa que terminaría en las aprobaciones oficiales (2 meses), la realización del proyecto (2 meses), para recién entrar a la operación de la obra, que incluye una licitación pública para las obras y a un concurso de méritos para la supervisión de las mismas, procesos que de no mediar impugnaciones toman 3 a 4 meses, luego el contratista construirá una caseta, con sus servicios y depósitos que ocupan la mitad o el total de la vía, mientras se coordinaría recién con las entidades concesionarias de los servicios públicos, repartiendo juegos de planos, memorias, etc., finalmente se reunificarían los trabajos y el contratista con poco conocimiento de las herramientas o máquinas a utilizarse, realice la obra en forma tradicional, con mano de obra casi siempre barata y esto lo lleve a desbordar el plazo o abandone la obra, y como resultado de todo esto, solo quedarán como testigos, la caseta, el guardián y las ruinas de desmonte, así como las protestas de los vecinos y conductores y así después de algunas conciliaciones se concluirá con la obra tan largamente esperada.

Como se puede entender el costo será mayor que el programado lo cual llevara por mucho tiempo todavía trámites ante la entidad

contratante sino a la contraloría, para fines de mayores pagos, multas, liquidaciones, etc.

Es claro pues que debe existir un punto intermedio entre la **clara eficiencia de un país desarrollado y la clara ineficiencia descrita**, y en esto tiene que ver un nuevo planteamiento de las normas y un claro conocimiento de las herramientas y maquinas a utilizarse.

Como reflexión debo mencionar que quien menos recursos tiene gasta mas para obtener el mismo producto, debido mas que todo a usos y costumbres profundamente arraigadas, las pretendidas tecnologías apropiadas no siempre lo son y en muchos casos solo representan el retroceso a métodos que han probado su ineficiencia en otra oportunidad, por lo que es claro y terminante que se deben modificar para beneficio de todos.

Una pequeña reflexión:

Por no decir el 100% (pero casi) de los profesionales, técnicos, gerentes, empleados, políticos, etc., han utilizado o están utilizando en estos momentos una **computadora**, fíjense en los

menús, van a encontrar la **barra de Herramientas** en todo programa, esto nos lleva a pensar la presencia e importancia de estas para ayudarnos en toda acción o trabajo que tenemos que enfrentar.

1.1. Motivación:

El tema de herramientas y maquinarias para el sector construcción, tiene una importancia esencial en el desarrollo de la economía, tanto de la actividad en si como en la proyección que esta tiene en la economía en el ámbito nacional.

La adopción del tema ha partido de las siguientes motivaciones:

- Actualmente en nuestro medio existe una presencia intensiva de maquinas y herramientas con tecnologías de punta, las que están variando hasta la **forma de diseñar**, desde la exacta medida para un determinado sistema en el proceso constructivo hasta la más absoluta libertad de formas en cualquier trabajo encomendado.
- Se debe tener en cuenta que el acceso a las maquinas en nuestro medio se esta posibilitando mas con este proceso de **globalización**, al tener **información** inmediata de las herramientas y maquinas sofisticadas, posibilitando una mejor **productividad**, una mejora en la oferta final y por que no un mejor diseño.
- El mundo globalizado o globalización, nos plantea cambios en diferentes grados y aspectos que obligan a los profesionales y las empresas ligadas a la construcción a estar preparados a afrontarlos. Así debemos tener en cuenta que aparecen nuevas economías y un **consumidor o clientes diferentes**, el consumidor del siglo XXI es más exigente porque esta mejor informado y tiene mas opciones de selección, y esto sucede en todas las posibilidades de encargos de diseño y construcción.
- Por lo que este tema no debería parecerse **intrascendente y sin importancia** a los arquitectos, dejando a los ingenieros o a los gerentes de equipo mecánico esta responsabilidad, los cuales en algunos casos al intuir la ignorancia del arquitecto en estos temas, pueden influir en los costos

desmereciendo la propuesta y realización final, ya que todo trabajo se centra en una mejor calidad con costos competitivos.

- Por esto debemos comenzar a **pensar de un modo distinto** en los proyectos y su construcción futura ya que la presencia de nuevo y desconocido equipo para varios de nosotros (producto de la tan mentada globalización), esta generando y **debe generar un proceso de cambio de mentalidad** para aprovechar plenamente las **ventajas tecnológicas**, comenzando a pensar de un modo distribuido con los menores esfuerzos, complementando este diferente modo de pensar con el conocimiento del equipo necesario y eficiente.

- La formación del Arquitecto es eminentemente **creativa y técnica**, estando dirigidos los cursos a desarrollar estos dos ejes principales, subdividiéndolos en otros que son: Talleres de proyecto, Historia y teoría, Construcción y estructuras, Territorio y urbanismo, Tecnología y expresión arquitectónica y humanidades, en el desarrollo de estos seis ejes secundarios se toca el **tema de herramientas y maquinarias en forma tangencial**, no existiendo un curso específico que forme la parte operativa de la profesión o que cimiente los criterios básicos y suficientes para la elección de determinado equipo o herramienta para el desarrollo de un encargo (sea este un proyecto o obra), las mas de las veces se recurre a las revistas o manuales de cada equipo, o a los folletos de propaganda de estos; esta falta de conocimiento lo suplen en nuestro país los institutos tecnológicos ligados al sector construcción como Sencico, Tecsup, Senati, y otros, que los abordan como cursos integrales, por lo que **creo conveniente iniciar con este informe las consideraciones necesarias y criterios básicos, para que el arquitecto pueda seleccionar las herramientas y maquinarias que cumplan de la mejor manera con el trabajo encomendado, teniendo de esta manera una visión en conjunto tanto en el campo del diseño como en la parte operativa o sea la construcción.**

De ahí que se generen variadas formas de abordar el tema, tanto mas variadas son las obras y sus propios procesos a las que nos enfrentamos.

Las reflexiones y razones expuestas devienen de situaciones actuales en nuestro medio, que me permito ampliar en las próximas líneas realizando un somero análisis, con sus correspondientes conclusiones:

1.2. Estancamiento tecnológico.

Para cualquier encargo de utilización de áreas (edificación), con ciertos parámetros o programación (desde una pequeña vivienda a un mega complejo comercio-residencial), algunos proyectistas – llámense arquitectos o ingenieros – enfocan su tarea como un problema a solucionar la organización del espacio, de optimización de uso de los ambientes o de expresión estética, sin tomar en cuenta las mas de las veces las posibilidades de utilización de métodos constructivos con apoyo de la tecnología moderna que aprovechen las

condiciones especiales de cada proyecto para lograr estructuras convenientes y materiales adecuados.

Contrariamente a lo que sucede en todo el mundo moderno, que propicia cada día mejores soluciones y realizarlos con el mínimo esfuerzo – **rasgo de la competitividad** – en nuestro medio resulta más fácil mantener los métodos tradicionales, que vienen durando más de 50 años.

Los pocos esfuerzos de **algunos profesionales** preocupados por este hecho, a veces obviando las cuestiones teóricas en sus planteamientos de diseño

y que pretenden modernizar la construcción sin desmerecer el trabajo creativo de diseño, utilizan las herramientas de diseño, pensando en los equipos de construcción, y que esto

1.3. Diseño y Construcción deben coordinarse.

La ejecución de las obras de ingeniería requiere de dos pasos fundamentales:

El diseño y

La Construcción

(Los he mencionado separados, pero tratare de definirlos y concluir que los dos deben estar estrechamente vinculados y coordinados y como es que las herramientas tecnológicas intervienen para este fin).

El diseño establece el planteamiento y la concepción de un determinado proyecto para cumplir una función determinada, dentro de los requerimientos operativos, económicos, estéticos y funcionales, en nuestro medio desarrollados por oficinas de arquitectos, arquitectos independientes o diseñadores.

La construcción tiene por objeto materializar el diseño encargado utilizando para ello los medios y adelantos mas adecuados de la tecnología, este trabajo lo realizan oficinas de ingenieros en consorcio de todas las especialidades, oficinas de ingenieros civiles independientes que a veces no cuentan en su Staff con ingenieros de especialidades, lo cual conlleva a deficiencias o descoordinaciones en la ejecución.

Diseño y construcción, pues, constituyen dos etapas de una misma empresa, pero no siempre los responsables de ellas, establecen la debida continuidad, tratándolas en cambio como acciones independientes.

El diseño y Construcción:

Trabajo en equipo.

Los arquitectos deben resolver, además de los requerimientos y funciones

conlleve a una obra que cumpla con los requerimientos solicitados, **no tienen aun un peso relativo** digno de tomarse en cuenta.

solicitadas, en un primer enfoque, las soluciones estructurales, que luego serán afinadas por los calculistas. Si ponemos por ejemplo el diseño de salón de expoventas, los factores de resistencia y de economía tendrán que compatibilizarse para determinar las distancias entre columnas, en ambos sentidos, que den la solución más económica, teniendo en cuenta el tipo de techado, se trata pues de un sencillo programa de optimización que no solo establece las luces sino que también dimensiona las columnas y las vigas, con los materiales mas idóneos, modernos, esbeltos y estéticos; asimismo la iluminación, sistemas contra incendios, equipos mecánicos y otros equipos necesarios deberán coordinarse con los especialistas sanitarios y electromecánicos para mostrarlos libres en la mejor forma estética y económica; este ejemplo revela que en cualquier caso, el diseño es el fruto de una acción coordinada entre el arquitecto y los especialistas.

La forma más conveniente de encarar un proyecto es, pues por medio de un **equipo multidisciplinario**, en el que se establezcan las coordinaciones necesarias entre el diseñador principal y los especialistas. No se trata entonces de elaborar un proyecto de arquitectura y pasar copias a los colaboradores para que cada uno resuelva la parte correspondiente a su disciplina, sino que el equipo participe **mancomunadamente en su concepción** y desarrollo, tomando en cuenta las herramientas tecnológicas más avanzadas así como los correspondientes equipos de construcción a su alcance en el proceso de cualquier obra.

1.4. Industrialización de la construcción.

Cuando se trata de edificaciones importantes -fabricas o conjuntos habitacionales- la **repetición** de elementos en cantidades importantes propicia el uso de procedimientos de construcción industrializada: utilización de **encofrados desarmables, mecanización, estandarización**, por lo que el diseñador deberá tomar en cuenta las ventajas potenciales de cualquiera de

1.5. Normas Versus Desarrollo.

Lo enunciado me lleva a tocar el punto en nuestro país, en la cual lo dicho esta presente, asimismo porque nuestras **normas de licitación** para obras de mediana y gran envergadura establecen procesos de adjudicación por un monto base y a porcentajes mínimos de propuesta, años atrás era sobre la base de promedios, adjudicándose la obra al precio más cercano a este promedio, hace 9 años se estableció a la propuesta mas baja y actualmente el monto propuesto no debe ser mas bajo del 90% (lo cual lleva a un sorteo), procesos que no alientan el cambio tecnológico, que desde **cualquier innovación a lo tradicional** y que no este esquematizado en los famosos expedientes de licitación

1.6. Aliento a la Investigación.

Como he mencionado la situación actual en el sector puede ser caracterizada por la falta de trabajo en equipo entre los agentes involucrados en el ciclo completo de todo proyecto.

Sucede esta situación porque se carece de una visión para direccionar los esfuerzos de los agentes involucrados en un mismo sentido y dirección, lo cual redundaría en un mayor y mejor resultado por la suma de esfuerzos que siempre será mayor que las partes, logrando de esta manera la **sinergia del sector**.

los sistemas a su alcance y que se **complementen con el proyecto** especificándolos y coordinando con los calculistas para que la construcción se vea favorecida en sus costos, ya sea para clientes privados o para concursos de precios y licitaciones las cuales tendrían en cuenta estos procedimientos modernos con herramientas idóneas, en lugar de verse **obligados a mantener los sistemas convencionales**.

y que tenga por objeto racionalizar el método constructivo o modificar algunos de los enunciados del expediente técnico y planos redundando en una reducción de los costos y por ende en una oferta económica más baja, dejaría al postor fuera de carrera.

Curiosa legislación por decir lo menos que fomenta la mediocridad técnica para mantener un sistema que puede ser muy cómodo para los proyectistas del expediente técnico base y hasta para los participantes y postores, pero que no permite hacer uso de la tecnología moderna, sobre la base de la economía de la obra en si y que sumadas a las obras de licitación a nivel nacional redundarían en un beneficio de la economía nacional.

Como también he mencionado el sector construcción es tan grande, ya que es una de las principales generadoras del desarrollo de un país, por lo mismo sus problemas también son grandes y esto nos lleva a pensar que las soluciones deben ser prioritarias y estas deben ser de la magnitud de los problemas.

En este informe seria extensa la enumeración y posibles soluciones a los problemas que tiene el sector, por lo que solo tocare el de la falta de la Investigación Aplicada al Sector.

Es por esto que el estado tiene que intervenir, incentivar y alentar los trabajos y temas de investigación, pero

para esto se debería tener una **estructura de soporte**, la cual tendría que partir de una convocatoria a todos los agentes intervinientes, privados, públicos y técnicos, en un **Foro de Magnitud y Tiempo Suficientes**, para determinar las líneas de investigación de interés nacional que encaminen al sector, estos patrones darían **pautas**

para el desarrollo de los estudios de diferente nivel que tendrían que realizar los alumnos de los últimos grados o tesis profesionales encargadas a los estudiantes del tercio superior con incentivos de estudios dentro y fuera del país y/o trabajos en los estamentos el estado.

2. PRESENTACION DEL TEMA Y PLAN DE TRABAJO

El tema de herramientas Y maquinarias, tiene especial importancia debido a que el desarrollo de la tecnología es incansable, baste recordar que el **homo sapiens** aparece en la tierra hace unos 200,000 años, tienen que transcurrir 100,000 para alcanzar el periodo paleolítico y otros 80,000 para el neolítico, en donde aprende a tallar la piedra, la metalurgia del bronce requiere de otros 4,000 años mas y otros 1,000 la de hierro, tiempo que nos lleva a 1,000 a. C. es decir a los albores de la historia. El ritmo del **progreso** fue hasta aquí pues **lentísimo** y cada pequeña innovación tomo muchos siglos para producirse, durante esta interminable etapa el hombre fue apenas capaz de servirse de los elementos que lo circundaban, de todo el periodo histórico es evidente que el inicio de nuestro siglo produjo el cambio más radical sobre todo en la tecnología, la **revolución industrial** de fines del siglo XVIII y el uso masivo de la electricidad aceleraron el conocimiento y sentaron las bases del actual progreso. Pero es a partir de finales de la 2da. Guerra mundial y a raíz de esta guerra (experimentación destructiva), que esta aceleración toma ribetes dramáticos para producir las más grandes transformaciones que ha visto la humanidad.

Por ejemplo se inicia la época de **las comunicaciones** a distancia a raíz de los descubrimientos de Herz y Marconi y la radiotelefonía comienza a difundirse por el año 1915 usando tubos de vacío, técnica que duro 30 años, en 1945 aparecen los **transistores**, desarrollados durante la guerra y dan un impulso notable a esta actividad, pero solo duran 15 años, pues en 1960 se difunden los circuitos integrados de amplísima utilización en radiotelefonía, televisión, computación y equipamiento en general, desde entonces el personaje central del desarrollo es el **“microchip”**, que evoluciona de unos cuantos a muchos millones de **“bytes”**, y es responsable de la marcha acelerada de la electrónica, cuyos alcances futuros son impredecibles.

Estos logros comparados con los ciento ochenta y cinco mil años que demoraron nuestros antecesores remotos para llegar a la fundición del hierro, nos grafican dramáticamente la aceleración que dada día adquiere el cambio tecnológico, no se necesita ser clarividentes para asegurar que en los años que vienen habrán de producirse cambios todavía mas radicales e impresionantes en la ciencia y la tecnología, porque la gran maquinaria de la transformación trabaja incansablemente en todos los centros de investigación y procesamiento industrial, a un ritmo explosivo favorecidos por la **“revolución industrial e informatica”**. La incógnita es si estos cambios servirán para el beneficio de la humanidad en su contexto general o para abrir mas la brecha que hoy existe entre los grandes países y el resto del mundo.

En el caso de la construcción por falta de los adecuados conocimientos es impredecible atisbar los cambios que vendrán, baste decir solamente que los concretos, el acero especial, así como otros metales, los plásticos y otros aumentaran sus coeficientes de trabajo de manera de permitir estructuras más livianas y al mismo tiempo más resistentes, como ejemplo hace 50 años se hablaba de una resistencia de 140 kg/cm², ahora se habla

fácilmente de 500 y se podría llegar a 1000 kg/cm²., así como el de “**alta performance**”, ejemplo claro es la construcción de las torres gemelas de Kuala Lumpur (Indonesia), construidas con concreto de alta resistencia.

Así también la electrónica participa en todo el proceso constructivo, ya hoy los equipos de movimiento de tierras, transporte de materiales, preparación de concreto y asfalto están altamente computarizados, mismo que los instrumentos topográficos y geodésicos, pero esta capacidad se extenderá a las carretillas, pequeñas mezcladoras, montacargas, equipos de cortar concreto, encofrados metálicos, equipos de pintura, limpieza, jardinería, cabe mencionar la pequeña wincha electrónica, que mide distancias, y calcula área y volúmenes de los ambientes, etc. En el extremo de la **robotización** que tendera a generalizarse aumentando así la **eficiencia** del proceso constructivo.

2.1. Enfoque del tema – Plan de Trabajo.

Enfoque.

En nuestros tiempos no se puede hablar de construcción sin considerar la vital importancia que tiene las herramientas y maquinarias en cada uno de los procesos de una edificación u obra en general.

La amplitud de este tema, tanto de los equipos, maquinarias y herramientas que se utilizan y que se relacionan directa o indirectamente en la construcción, podría resultar interminable y hasta cansado, para poder consignar todo lo existente en nuestro país, sobre todo en una época en la que la innovación tecnológica es súper acelerada posibilitándole al constructor mayor productividad de la mano de obra y del equipo, así como un uso mas racional de los materiales.

Plan de trabajo.

Por lo que abordare el tema con un breve enfoque de **la evolución del sector construcción** en nuestro país, el sector en la etapa actual y los roles estatal y privado en el sector, este enfoque a **nivel de marco conceptual**, ya que las herramientas y maquinarias si bien son el **pasivo** del sector amerita actualmente una presencia básica e incontrastable en el desarrollo del sector, asimismo una breve **síntesis histórica** de las herramientas y maquinarias, la **clasificación** de las mismas, y como se **refleja, articula y beneficia** el uso racional de la maquinaria y herramientas en la construcción Globalizada; Ubicando las herramientas y maquinarias existentes y las introducidas recientemente en el Perú **en cada etapa del proceso de la construcción** de una obra, desde el trazo inicial, hasta la maquinaria de taller en obra y las herramientas de oficio de obra, indicando la **relación costo/eficiencia**, expresión que se traduce como **la productividad**, esto es realizar un trabajo con el mínimo esfuerzo y en el más corto plazo posible.

Así también en cada uno de los procesos de construcción se **aproximara al Arquitecto** a los **criterios o consideraciones para seleccionar** la herramienta o equipo adecuado para ofrecer la mejor solución a cualquier tipo de obra.

2.2. Evolución del sector construcción y presencia de las herramientas y maquinarias en el Perú.

Analizando la evolución del sector durante la ultima década puede decirse que el sector de maquinarias y herramientas para la construcción esta superando la crisis surgida desde los años 1990- 1991, que provoco en años anteriores una fuerte disminución de empleo con graves problemas de reestructuración y cambio de estrategias en las empresas constructoras, ya que debido al fuerte crecimiento del sector a finales del 80 y hasta el 87, habían realizado importantes **inversiones** en la adquisición de equipo para la

construcción, el mismo que surgida la crisis actualmente se encuentra desfasado por los avances tecnológicos y por el propio desgaste los mismos.

Este **desfase** se produjo a raíz de la anulación del Ministerio de vivienda, anulación del sistema mutual, las modificaciones en el Reglamento Nacional de Contrataciones con el estado que favorecía la presencia de empresas extranjeras en desmedro de las nacionales y por la ley que otorgaba la buena pro de las licitaciones a la propuesta mas baja, en la cual la competencia de una empresa con equipo y maquinaria que mantener se veía desfasada ya que sus costos operacionales eran mayores en contraparte de las empresas que solo alquilaban los equipos sin la responsabilidad del mantenimiento ni la reposición de los mismos.

Así también por la ejecución por parte del estado de obras que utilizaban maquinaria vía él ejército u otros estamentos, (**maquinarias adquiridas por el estado**), que anulaba el espacio de las empresas de colocar sus equipos y maquinaria, esto es ni siquiera compitiendo sino simplemente **anulándolas**.

La actividad constructora ha venido como lo he mencionado, de una crisis bastante aguda en la que por la falta de dinero para la inversión privada, los malos procesos definidos por un mal reglamento de adquisiciones con el estado, la ejecución de obras por parte del estado anulando espacios, la falta de proyectos por la mala administración anterior y los cambios de un gobierno dictatorial a uno democrático (proceso que es de expectativas mas no de inversiones), hace que pensemos que esta actividad generadora y promotora de la economía nacional se revierta, para lo cual el actual gobierno ha mostrado los siguientes **índices favorables**:

- Creación del Ministerio de Vivienda y Construcción.

- Desactivación de Foncodes.

- Privatizaciones para reactivar la construcción en sus lugares de origen.

- Las modificaciones al Consucode (reglas más coherentes, aunque todavía falta perfeccionarlas).

- El Lanzamiento de los programas Mi Vivienda, Techo Propio.

- El cambio de objetivos y nueva mística del Banco de Materiales.

- El impulso a la Regionalización.

- Y otros pasos coherentes.

Estos índices reflejan la conciencia de la necesidad impostergable de impulsar el sector construcción, como bien decía un antiguo constructor en los años 92-95 “tenemos que asumir la actitud del esquimal que durante el largo invierno se dedica a afilar sus armas y engrasar sus trampas, preparándose para la llegada de la primavera”, espero que esa primavera sea esta por los índices que he mencionado, y por las posibilidades de **amplia y rápida información** sin fronteras producto de la globalización, entonces el papel que jugara el **conocimiento de las herramientas y maquinarias idóneas** será decisivo para enfrentar el momento.

2.3. La construcción de la etapa actual.

El resultado de las ultimas elecciones del **28 de julio del 2001** se inaugura en las mejores condiciones que se haya tenido en muchos años, quizás en toda la historia republicana, para realizar una verdadera **transformación del país**: Las urnas revelaron un apoyo a la plancha presidencial, la situación económica si bien no ha alcanzado todavía un nivel de bienestar general en su corto plazo 18 meses (actualmente tiene un 78% de desaprobación), presenta **perspectivas halagadoras** a mediano y largo plazo, la situación interna, igualmente, es de tranquilidad frente a la acción de terrorismo y las relaciones exteriores parecen estar en el mejor de sus momentos.

Están pues dadas las mejores condiciones para iniciar las marchas hacia la **recuperación económica y social del Perú** y va a determinar mucho de la orientación que sé de al desarrollo nacional el éxito que se logre en este propósito, esta tarea no debe dejar de lado el papel preponderante que ejercen los Arquitectos e Ingenieros involucrados en el quehacer constructivo, renglón que genera multiplicidad de ocupaciones y trabajos tanto directos como indirectos.

2.4. Rol del estado y la actividad privada.

El modelo económico **neo liberal vigente** preconiza la transferencia de la iniciativa constructora al capital privado, en todo lo que sea factible. En la práctica esto es posible en aquellos proyectos capaces de generar rentas en plazos cortos, como la construcción de tramos viales con peaje, de servicios de agua, de centrales de generación eléctricas de mediano tamaño y otros servicios, cuyos rendimientos pudieran ser interesantes para los inversionistas.

Otra forma de la preparación del capital privado es la “**concesión**” en la operación de grandes proyectos de infraestructura, entre ellos los puertos y las grandes irrigaciones. En los puertos la llamada privatización es, en realidad, una concesión a largo plazo (probablemente 30 años), sin venta de activos fijos sino, por el contrario, condicionada a que las obras de modernización pasen al estado al termino de contrato. El caso de grandes irrigaciones ya construidas es diferente, porque esta ligado a la estabilidad de la operación sin convertir dicho usufructo en un peligroso monopolio.

El empuje del gobierno para la construcción masiva de viviendas, con el Programa de **MI VIVIENDA**, sé esta dando en la forma de **propiciar** el estado con las **herramientas** eficaces para que el inversionista privado enfile sus recursos a este rubro, las herramientas son la posibilidad de acceder a terrenos del estado en licitaciones las modificaciones y rapidez a la normatividad vigente en cuando a la construcción de viviendas, el soporte financiero con recursos del estado como reserva para que las entidades financieras se comprometan a créditos mas bajos y la liberación de restricciones para la libre adquisición en todos los estratos socio económicos.

Así dadas las implicaciones de las legislaciones que competen a cada caso, se hace necesario estudiar las mismas, escuchando la opinión de todos los sectores interesados; En resumen el desarrollo del país es una tarea a la que el estado y el capital privado deben concurrir en la medida de sus respectivas posibilidades, aspiraciones y responsabilidades.

No podemos dejar de mencionar la cercana realidad de la **regionalización** la cual se tiene que enfrentar de acuerdo a una prescripción fundamental de que los municipios y regiones sean entidades autónomas, sino será una inútil declaración, pero también se les debe dotar de los mecanismos para garantizar recursos suficientes que garanticen no solamente su autonomía (que sin recursos resulta una entelequia) sino la posibilidad de progresar y elevar el nivel de vida de sus respectivas poblaciones. En la medida que esa asignación de recursos, sea mas o menos adecuada a las necesidades reales, se estará cumpliendo o no con el objetivo de la regionalización y claro es que para su propio desarrollo las **inversiones** en el **sector construcción** son las que van a primar, por lo que se tiene que tener en claro la **selección y la programación de las inversiones**.

Pero aparte de las formas mencionadas de participación privada en el manejo de la Infraestructura y los servicios, es necesario meditar sobre la necesidad de ejecutar

nuevos proyectos que servirán para poner en uso a los recursos naturales y muchos de los cuales, por su magnitud, solo pueden ser emprendidos por el estado.

Entre ellos pueden mencionarse los sistemas de desarrollo de cuencas integradas, las grandes centrales hidroeléctricas que ya he mencionado y los sistemas de transporte a nivel nacional.

Además es obligación del estado ejecutar las obras de toda índole que requiera el desarrollo del país y los servicios a la población y que por su naturaleza, ubicación o intención promocional, no sean atractivos para el capital privado; solo así se asegurara que el bienestar pueda alcanzar a todos los rincones del país, independientemente que ese esfuerzo pueda constituir o no un buen negocio para los inversionistas.

2.5. La selección y programación de las inversiones.

Sin embargo se debe tener en cuenta que los recursos financieros con que se puede contar serán siempre limitados frente a la magnitud de la tarea, es imprescindible efectuar una selección entre las posibles inversiones de manera de lograr la aplicación más racional de los recursos. No podemos permitirnos el lujo de cometer errores en este terreno, como ya le ha sucedido a nuestro país en anteriores gobiernos; por esto se hace imprescindible la necesidad de contar con un eficiente sistema de **Planificación y Preinversión**, que disponga de los materiales, técnicos y humanos convenientes para analizar, evaluar y establecer las correspondientes **prioridades** entre las numerosas opciones que, en un país con tantas necesidades como el nuestro, cubren muy diferentes orientaciones y ubicaciones territoriales, en esta tarea lo mas recomendable es consultar con la ciudadanía a través de sus instituciones, para alcanzar las soluciones mas idóneas para el logro de los objetivos buscados.

En estas circunstancias, se asegura que el sistema de **preinversión** puede funcionar con **gran facilidad** y con **reducidos costos**. Como sabemos, en la base de este trabajo están las oficinas regionales y sectoriales, que tiene acceso directo a la información sobre las oportunidades de inversión en sus respectivos ámbitos y que pueden hacer un listado de necesidades en orden de urgencia.

Se debe tener en cuenta que el desarrollo requiere de inversiones sabiamente priorizadas, apoyadas en una tecnología apropiada a la época y al medio, y garantizadas por una adecuada reglamentación para contratación de obras y selección de consultores.

Por lo que la **Planificación** en cuanto a orientar las acciones que corresponde al estado, debe seguir procesos racionales hacia la consecución de los grandes objetivos nacionales, teniendo en cuenta que:

“La planificación es la construcción del futuro”, meta que nunca se alcanzara orientando la veleta hacia donde sopla el viento político.

3. HISTORIA DE LAS HERRAMIENTAS Y MAQUINARIAS

3.1. Breve historia

El uso de las herramientas se remonta a la prehistoria, valiéndose el hombre de ellas para ayudarse en sus tareas manuales, diferenciándose de esta manera contundente con los animales, incapaces de utilizar otra cosa que no sea las partes de su cuerpo adecuadas a las diferentes tareas (excepcionalmente

algunas especies de simios o antropomorfos se valen de palos y garrotes para romper frutas y otros alimentos).

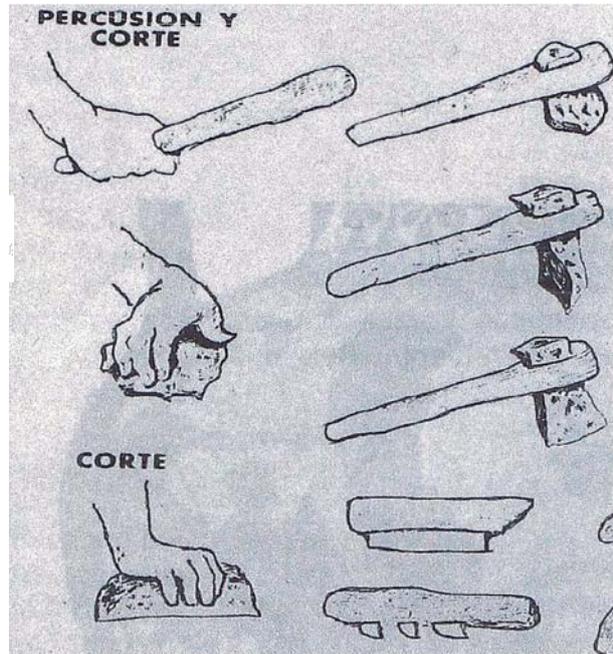
La caza y pesca de animales, la construcción de viviendas y templos, el cultivo y preparación de alimentos y la confección de sus ropas, la expresión

artística y las actividades recreativas, así como la fabricación de armas ofensivas y defensivas fueron requiriendo paulatinamente instrumentos específicos

que nuestros antepasados prepararon usando las técnicas que estaban a su alcance en esa época.

3.1.1. La Edad de piedra.-

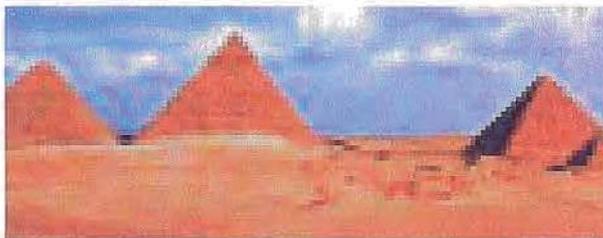
Las primeras herramientas aparecieron en la edad de piedra que consistía en pedazos de roca plana y afilada naturalmente que recogían para excavar y para cortar. Muchos miles de años tuvieron que pasar para que el hombre desarrollara técnicas que le permitieran dar forma a las herramientas de piedra según su función produciéndose hachas, cuchillas, cachiporras, y primitivas excavadoras. Para ello aprendieron a pulir la piedra sobándola con otra piedra interviniendo una sustancia abrasiva, generalmente arena silicosa y comenzaron a poner a cada herramienta un mango o manubrio hecha con piedra, hueso o madera, progreso que alcanzaron a final de la edad de piedra.



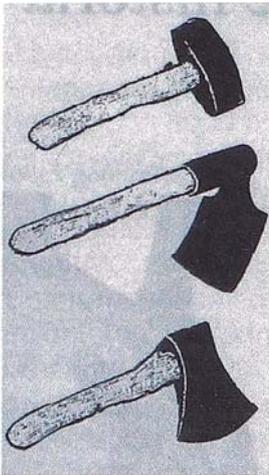
3.1.2. Las edades de Cobre y de Bronce.-

El descubrimiento de la metalurgia, del cobre y después del bronce (de 4000 a 1000 a. C.) facilitó la forja de herramientas de toda clase y forma. Es curiosa anotar que las herramientas básicas que hoy usan nuestros artesanos **no han cambiado mucho** de esa época y así se puede ver que en cuanto a carpintería se refiere, se remonta a la edad de cobre y a la edad de bronce: el martillo, el cincel, el hacha, la azuela, la lima, el taladro, el nivel, la plomada, las reglas, varios tipos de tenaza y hasta los cepillos del carpintero primitivo. Ejemplo de estas herramientas y de las magníficas obras de carpintería, son las encontradas en las tumbas egipcias en las que las cajas fabricadas para albergar las momias presentan ingeniosos sistemas de fijación de las partes y un acabado muy pulido y regular. Para ello usaban sierras, hachas, azuelas, cinceles, y taladros fabricados con bronce, aunque es probable que no conocieran el cepillo lograron él acabado frotando la madera con piedras duras y usando arena como abrasivo.

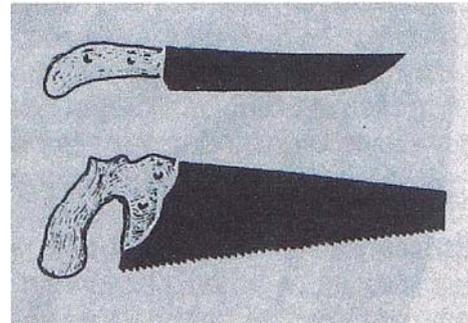
La construcción de las pirámides, por ejemplo, requirió de un trabajo previo en las canteras, en donde formaban ranuras en la roca viva a golpes de combas de piedra, para después insertar en madera que mojadas fracturaban los bloques menores aserrando la roca con sin dientes y para desgastarlas. finales se daban cordeles y plomadas así como reglas graduadas en sus unidades de medida corrientes.



3.1.3. La edad de Hierro.-



El descubrimiento de la metalurgia del hierro entre 100 y 500 años a. C. trae consigo la fabricación de herramientas de ese metal, mas duro y resistente que el cobre y el bronce. Así, son mucho más eficaces los cinceles, las tenazas los martillos y hasta los yunques de hierro y su popularidad llega al campo de la mitología griega en la que por ejemplo, se presenta al dios Vulcano manejando una herrería. **Nótese que por las palabras que hemos empleado hasta aquí herramientas y herrería son derivados latinos de hierro.**



3.2. Desde Grecia hasta nuestros días.-

El transcurso de la historia desde los griegos pasando por los romanos, la edad media y la época moderna, va marcando un paulatino perfeccionamiento de las herramientas manuales, en cuanto a su capacidad su durabilidad y la precisión de su trabajo pero en realidad no se inventan nuevas herramientas que no hubieran sido conocidas por varios siglos. Pero poco a poco, desde el descubrimiento de la maquina de vapor, iniciado a fines del siglo XV y perfeccionado por Watt recién en 1770, comienza un nuevo enfoque en la tarea del operario industrial o constructor, que se conoce como la **mecanización** (aunque hoy adquiere nombre más expresivo de **automatización**), y porque no pensar en la ausencia del operario en un futuro no muy lejano (**La robotización**).

Pintura en un vaso griego del siglo VI A.C. Muestra un taller de herrería con herramientas de la época.



Desde luego la fabricación de maquinas o ingenios, si bien ha aumentado notablemente la capacidad productora del hombre no ha logrado eliminar el desarrollo de las actividades artesanales y vemos así que al mismo tiempo que en las grandes ciudades de los países industrializados se construyen importantes conjuntos habitacionales mediante el uso de muros y techos prefabricados que se ensamblan con la

ayuda de poderosas grúas, en esos mismos países una proporción parecida de casas se levantan por métodos tradicionales, utilizando técnicas que los artesanos practicaban desde hace mucho tiempo atrás, cabe mencionar en el Japón todavía se confían a los operarios la construcción de encofrados y andamios a base de cañas largas de juncos unidas con cintas de origen vegetal.

En cuanto a los métodos usados para los **levantamientos topográficos** y por consiguiente, para el trazo y nivelación de las obras, podríamos remontarnos a tiempos muy remotos; los ingenieros griegos median las distancias con cadenas de engranajes y

usaban para los ángulos un instrumento llamado **Dioptra**, originalmente destinados a la astronomía.

Por cierto, los instrumentos de navegación fueron convirtiéndose paulatinamente en métodos de medición de distancias y ángulos. El descubrimiento de la brújula magnética cuya paternidad se disputan los chinos, los Árabes, los griegos, los etruscos, los finlandeses y los italianos, se pierde en la información disponible, y parece documentarse en la china en el siglo XII. **El astrolabio**, muy usado a partir del siglo XV en navegación, es un disco con un índice o alidada, que servía para medir la declinación de un astro, lo mismo que la **Ballestilla**, una varilla con la que se visaban al sol y al horizonte, midiendo así la altura angular del astro. Para los levantamientos topográficos, los alineamientos y ángulos se medían por medio de alidadas de pinulas, que son los antecesores del **Eclímetro**. Mucho más recientemente, basándose en el principio del telescopio se inventaron los primeros **teodolitos y niveles**, que se han usado hasta mediados del presente siglo. Por supuesto, hoy todos esos instrumentos han sido reemplazados por los productos de la electrónica y la percepción remota. La trabajosa y poco precisa localización de un punto geográfico utilizando el movimiento de los astros han sido sustituido con grandes ventajas por la referencia a los **satélites**, con los cuales se puede ubicar un punto en cualquier lugar del planeta con increíble precisión y rapidez.

3.3. De la Maquina de construcción al robot.-

La maquina de vapor, que tuvo amplio uso en la industria, en el transporte ferrocarrilero y en la navegación hasta bien entrado el presente siglo, tuvo que resistir la fuerte competencia de nuevas fuentes energéticas, primero el gas y la fuerza hidráulica, luego los motores a gasolina, diesel y eléctricos, que comenzaron a funcionar desde fines del siglo anterior.

Siguiendo ese mismo ritmo, las maquinas auxiliares de la construcción utilizaron sucesivamente esas nuevas tecnologías.

Vemos así que, desde el siglo XVIII se usaron martinetes de vapor para clavar pilotes de fundación y molinos de viento para elevar agua del subsuelo. Pero fue solamente con el empleo de los **motores de combustión interna** y posteriormente con el uso generalizado de la **fuerza eléctrica**, que comenzaron a fabricarse tractores, grúas y toda clase de maquinas, sin las cuales ya no se podría construir. Cualquier tipo de herramienta, como la sierra o el taladro, adquiere hoy gran capacidad cuando esta accionada por un motor, sea eléctrico, de aire comprimido o de gasolina, multiplicando por muchas veces la capacidad constructora del hombre y reduciendo sustancialmente los costos y los tiempos de ejecución de obras.

Pero el progreso no se quedo solo en el motor. Con la segunda mitad de este siglo llego **la cibernética** y con ella la posibilidad de programar a las maquinas para incrementar su rendimiento y ajustarse a las circunstancias de cada trabajo. En nuestros días, muchas maquinas tienen adosadas pequeñas centrales de computo que realizan las tareas de calculo más complicadas en tiempos infinitamente pequeños, como los aparatos **topográficos** que miden ángulos y distancias con enorme precisión en pocos segundos. Inclusive se vende en el mercado una pequeña **wincha electrónica** de bolsillo que mide por emisión y recepción de impulsos eléctricos las dimensiones de un ambiente cerrado y calcula automáticamente las áreas y volúmenes resultantes.

De la maquina controlada electrónicamente sé esta llegando poco a poco en la construcción al **aparato robot** o inteligente.

Desde las maquinas que se desplazan automáticamente por un área predeterminada para pintar o pulir y encerar pisos, hasta los dispositivos de seguridad que anuncian cualquier

riesgo de incendio, inundación o presencia de intrusos en una casa, y además toman las decisiones que corresponden en cada caso para conjurar los peligros.

La Robotización de la construcción se presenta como una realidad a corto plazo, por lo menos en los países mas desarrollados.

Como adelanto debemos mencionar que el rascacielos denominado el **Milenium** diseñado y desarrollado del arquitecto Norman Foster, a construirse en el Japón, se esta desarrollando para que se construya con el 100 % de equipos robotizados.

3.4. Tres mil años de topografía

Cuando nos preguntamos como los antiguos fueron capaces de construir sus magníficos palacios y templos, todo lo que podemos decir, es que fue con gran dificultad.

Ellos probablemente no tenían problemas laborales, pero sufrían por una completa falta de instrumentos para medir ángulos y distancias.

La Groma es un instrumento similar, en principio, a la posterior cruz de agrimensor; dos direcciones podían ser visadas simultáneamente pero solo se podía establecer (no medir) un ángulo recto. Fue probablemente la Groma la que se uso hace tres mil años en la construcción de la gran **Pirámide de Gizeh**. Parece inconcebible que a pesar de la falta de instrumentos de medida, este masivo edificio no solamente esta orientado correctamente hacia los puntos cardinales antes que la brújula fuera inventada sino que están cuadrados como si se hubieran usado los más modernos y sofisticados instrumentos.

Muchos siglos pasaron para desarrollara el primer instrumento para medir ángulos. Este parece haber sido griegos en el siglo III a. medir la altitud de las sorprendentemente no XIV que los ingenieros que se ser usado con éxito medición en los topográficos.

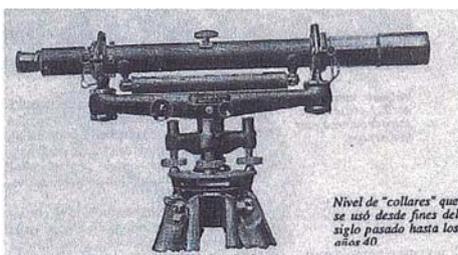


Teodolito inglés, llamado "alazimut" fabricado en el tercer cuarto del siglo XIX.

antes que se instrumento científico Este fue **El Astrolabio**, introducido por los C. fue diseñado para estrellas y fue sino hasta el siglo agrimensores y los dieron cuenta que podría como un aparato de levantamientos

Otros instrumentos astronómicos, como el **Cuadrante** también encontraron su camino a manos del agrimensor y fue también aceptado que la brújula marina tenía sus mismos usos. Pero fue solo en los siglos XVI y XVII que se produce un avance real en instrumentos y métodos.

La Plancheta y el uso de la cadena de medición se convirtieron en comunes. La triangulación, aunque no técnica comenzó a hacerse parecido al Circulo precisamente al medida de los ángulos presentaba mayores ángulos en elevación o suspender el instrumento

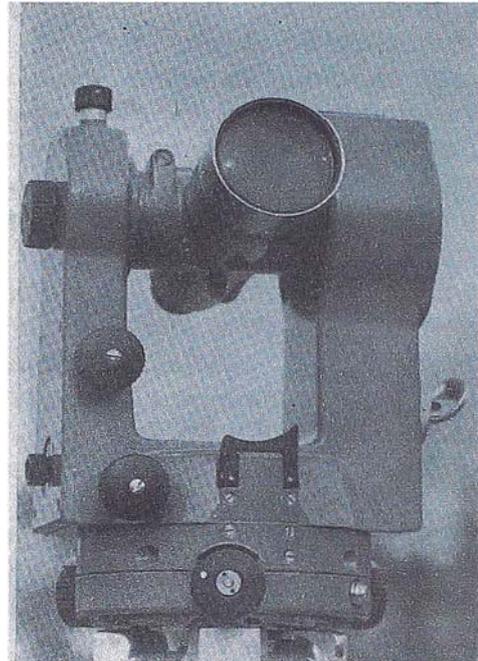


Nivel de "collares" que se usó desde fines del siglo pasado hasta los años 40.

Circunferenciometro probó ser útil, fue solo a mediados del siglo XVI que apareció el **Teodolito**, el que, con el transcurso del tiempo, se ha convertido en indispensable herramienta para **topógrafos Y ARQUITECTOS e INGENIEROS**.

Pero fue, a lo largo del siglo XVIII y bien entrando el XIX que apareció una deslumbrante colección de nuevos instrumentos. Entre ellos había niveles de alcohol de gran variedad, sextantes de caja y de campo, plinómetros de varias clases incluyendo el popular **Abney**. En lo que se refiere a la medición de distancias, no fue necesario seguir dependiendo del podómetro o de la cadena porque el siglo XIX vio la introducción de métodos indirectos de apreciación, incluyendo el uso de diferentes telémetros y visores de coincidencia de imágenes. Adicionalmente, muchos otros mecanismos convirtieron a los teodolitos ordinarios en taquímetros.

Pero a pesar de que puede ser muy grande el interés por el pasado, existe muy poca duda sobre que es en el presente siglo más que en cualquier otro periodo que el cambio revolucionario en instrumentos y técnicas han tenido lugar. Parece que con el milagro tecnológico del satélite computarizado, la información que se usa para levantamientos geodésicos, la fotogrametría y la medición de distancias por medio de rayos láser y similares, queda ya muy poco para uso de los viejos instrumentos y métodos. Pero, la topografía como otras ciencias es un proceso continuo **y si bien se ha logrado exitosamente dar un enorme salto en el interminable camino hacia la perfección no podemos olvidar a aquellos hombre que a través de las épocas han trillado aunque a veces rengueando el mismo sendero y que por su propio ingenio y dedicación han logrado pavimentar el camino para la tecnología de hoy.**



4. HERRAMIENTAS PARA LA CONSTRUCCIÓN

4.1. Introducción y Objetivos

La definición, comportamiento, rendimientos y usos de cada una de las herramientas o maquinas presentes en los cuatro tipos mencionados líneas mas abajo, seria demasiado largo y poco didáctico ya que las tocaríamos por separado, por lo que el presente informe lo desarrollare tocando cada una de las tareas básicas de la construcción, en el proceso normal de una obra de edificación y como intervienen en ella los diferentes tipos de herramientas o maquinas, para acercar al profesional Arquitecto, en este informe al conocimiento de las mismas y su mejor uso de acuerdo a la magnitud de la obra a desarrollar, así como la debida elección del equipo o maquinaria para cumplir con el proyecto encomendado, que es el objetivo principal del presente Tema

4.2. Definiciones generales

La construcción es un proceso de transformación que utilizando materiales y mano de obra sirve para producir bienes inmuebles destinados a diferentes usos. Generalmente se distinguen dos tipos de construcción la de elementos y sistemas de infraestructura como carreteras obras de riego drenaje, puertos y obras de saneamiento, consideradas como **construcción pesada** y la de viviendas edificios de oficinas, fábricas, teatros, hospitales, escuelas y otros que caen bajo la denominación de **edificación**.

El avance tecnológico ha ido creando los medios que facilitan los procesos constructivos expresados en términos de **INGENIERIA DE CONSTRUCCIÓN**, con sus etapas de diseño, planeamiento, ejecución, control y puesta en uso de los bienes construidos. Para cada una de estas etapas la ingeniería ha generado las reglas del arte que se traducen en **especificaciones técnicas y métodos constructivos** adecuados.

La utilidad y el acierto con que se hace una obra de construcción puede medirse de varias maneras: Desde el punto de **vista económico** se aprecia el rendimiento de la inversión, en términos de la relación entre el costo y el beneficio; desde el punto de **vista tecnológico** el método constructivo debe alcanzar la mayor relación **costo – eficiencia**, expresión que se traduce mejor como **la productividad**; que puede definirse como la medida en que un trabajo se realiza con el mínimo esfuerzo y en el más corto plazo posible. En tanto las herramientas se van haciendo más eficaces y permiten mayores rendimientos, aumenta la productividad. Por ello este proceso no se queda en generar utensilios que facilitan el empleo de la mano de obra sino que encara un nuevo objetivo: **aligerar el esfuerzo humano o reemplazarlo utilizando la fuerza motriz** generada en plantas especiales de vapor, electricidad, motores de combustión interna o aire comprimido. Surgen entonces las maquinas de construcción que cada día son mas grandes, mas poderosas y mas complicadas, sin las cuales no se podrían haber construido las grandes presas de concreto como Itaipu y Yacirete en nuestro continente, las enormes autopistas de EE.UU. y Europa, el túnel bajo del canal de la Mancha y el acueducto de Libia, para citar solo algunas de las grandes realizaciones modernas de la ingeniería, no obstante la construcción sigue siendo una de las actividades de **mas baja productividad**, si se le **compara con la industria manufacturera** y así lo han comprendido los ingenieros europeos y japoneses que desde hace unos pocos años han comenzado a producir maquinas auxiliares de la construcción que reemplazan totalmente a la mano de obra en un fenómeno de **robotización** sobre todo en tareas como construcción y pulido de pisos, pintura y otros acabados como complementarios al trabajo e la construcción, pero como no se descansa en las tareas de investigación e innovación se vienen desarrollando equipos y maquinarias tan sofisticadas especializándolas para cada tarea que pueda ser repetitiva y en gran cantidad, nos sorprenderemos en muy poco tiempo de las nuevas innovaciones en este sector, ahora ya no podemos decir como antiguamente la información nos llega con 20 o 15 años de atraso, **la globalización desfaso esta situación**.

4.3. Las Herramientas y Maquinarias en la Construcción

La construcción comenzó por ser una actividad enteramente artesanal en la que se utilizaban fundamentalmente las manos y una que otra rudimentaria herramienta. El correr del tiempo fue perfeccionando las ayudas y produciendo un número creciente de útiles y estos fueron perfeccionándose con lo que se facilito la tarea y se aumento el rendimiento. A través de la historia y sobre todo en los últimos ciento cincuenta años el constructor ha contado con muy eficaces elementos que le han permitido realizar en plazos cada vez menores las más grandes realizaciones de ingeniería.

Si bien un templo gótico por ejemplo no tiene nada que envidiar a un rascacielos en lo referente a sus dimensiones y complicaciones constructivas, debe admitirse que mientras este último puede levantarse en unos pocos meses, las grandes obras de otras épocas tomaron largos años para su terminación.

A pesar de que el Diccionario de la Lengua Española de la Real Academia define herramientas como instrumento, por lo común de hierro o acero con que trabajan los artesanos en las obras de sus oficios, es evidente que dicha acepción esta limitada a lo que conocemos como **herramientas manuales**, pues el uso moderno ha extendido el alcance de herramienta a todo elemento, método, ingenio o sistema que sirve para ayudar a la obtención de un objetivo determinado. Por eso nosotros le damos a las herramientas de construcción el sentido genérico que comprende desde la más humilde lampa hasta la más poderosa grúa o la más complicada planta de dosificación de concreto, aunque es más frecuente que estos últimos elementos se reconozca como equipos de construcción.

Desde luego todas las actividades de transformación de materiales utilizan herramientas simples o complejas y gran numero de las que se emplean en a construcción son las mismas que las que se requieren para otros oficios o industrias. Más aun entre las actividades básicas de la construcción figuran: La carpintería, la herrería, la electricidad, las instalaciones sanitarias, la pintura y la cerrajería, que son comunes a otros tipos de transformación como son. la mueblería, el montaje y reparación de maquinas y la industria en general.

4.3.1. Clasificación.-

Por eso, y hablando de un modo general pueden distinguirse las herramientas según el objeto a que están destinadas:

Las herramientas que dan forma a los artículos o a los materiales ya sea cortándolos, formándolos, perforándolos o forjándolos y tenemos entre ellas a las sierras, las limas, los cepillos, los taladros, los cinceles los martillos de herrero y los tornos, luego las que sirven para manipular a esos objetos con el martillo de carpintero, las tenazas, los alicates, las llaves inglesas, las planchas de albañil, los tecles y las gatas; por último tenemos a las herramientas que sirven para medir y marcar, como las reglas las escuadras las plomadas los

niveles las escalas y los calibradores debiendo añadir hoy día los aparatos modernos de medición precisa de toda clase de magnitudes.

En cuanto al equipo de construcción sus principales funciones están destinadas a la modificación del medio ambiente, por medio de tareas de excavación, perforación y relleno de los suelos existentes; al transporte de materiales sea horizontal y verticalmente, y a la fabricación en obra, como pavimentos, elementos de concreto, y muchas otras obras publicas.

Desde el punto de vista práctico, y haciendo abstracción del objeto a que cada herramienta esta destinada, clasificaremos a las herramientas en cuatro tipos:

- 1.- Herramientas Manuales**
- 2.- Herramientas mecánicas**

3.- Maquinas y Equipos de Construcción

4.- Maquinas Robotizadas

1.- Herramientas Manuales.-

Por estas entendemos a aquellas que utilizan la fuerza humana y que realizan tareas sencillas, como el pico, la lampa, el martillo, la barreta o la plancha del albañil, etc., tantas herramientas que seria largo enumerar y que cada una cumple una determinada función en el conglomerado de una obra de edificación, desde la mas insignificante hasta la mas grande y complicada.

2.- Herramientas Mecánicas.-

Son aquellas que utilizan la fuerza de motores eléctricos, de combustión interna o aire comprimido, como los taladros, sierras vibradores a gasolina o eléctricos, y que son accionados por medio de la combinación de la fuerza y capacidad humanas, así como la respectiva preparación y conocimiento técnico de estas maquinas, para lograr la máxima eficiencia en el menor tiempo posible lo cual como he mencionado se gráfica en el aumento de la productividad.

3.- Maquinas y Equipos de Construcción.-

Comprenden estas a aquellos accionados por motores gasolineros o a diesel, de gran potencia equipados con engranajes y mecanismos complicados que hacen multiplicar la fuerza y potencia de los motores, manipulados por personal humano con capacidad y conocimientos suficientes para lograr el rendimiento programada para cada caso de obra.

Dentro de esta categoría se debe tener en cuenta la importancia del mantenimiento y cuidados del equipo para su respectiva duración y rendimiento; dentro de estas maquinas tenemos, las mezcladoras, los camiones, los tractores, las grúas, los rodillos, etc.

4.- Maquinas Robotizadas.-

Estas maquinas mas que equipos están conformadas y programadas por computadora para desarrollar acciones mecanizadas de gran exactitud, basadas en el avance de la tecnología, en nuestro medio ya se adiestra a los tecnólogos de estas maquinas en la Facultad de Ingeniería Mecánica de la U. N. I. (Mecánica).

Aunque en el campo actual de la construcción en el Perú la presencia de estas maquinas es tímida, ya se están importando equipos que funcionan automáticamente para la realización de tareas repetitivas y de larga o corta duración, como la limpieza y pulido de grandes áreas, marcos y molduras de carpintería, y otros, obviando la mano de obra y los costos que estos representan.

4.4. Usos de herramientas y maquinarias en el proceso constructivo

Como ya hemos mencionado en la Introducción y plan de trabajo, iniciaremos el desarrollo y definición de las maquinas en el proceso constructivo, según las siguientes partidas:

4.4.1. Trazo, Replanteo y Nivelación

4.4.2. Movimiento de Tierras.

4.4.3. Equipo para Concreto.

4.4.4. Herramientas y equipos para oficios de obra.

4.4.5. Herramientas y Equipos para Instalaciones sanitarias.

4.4.6. Herramientas y Equipos para Instalaciones Eléctricas.

4.4.7. Herramientas y Equipos para Acabados.

4.4.8. Equipos auxiliares para obra.

4.4.1. TRAZO, REPLANTEO Y NIVELACION:

El proceso de la construcción se inicia con la limpieza del terreno y eliminación de desperdicios, así como la construcción de casetas, almacenes, baños y otras obras provisionales. Después de ello, la primera tarea es el trazo geométrico destinado a ubicar, en el terreno, los principales ejes del proyecto. Esta operación es fundamental

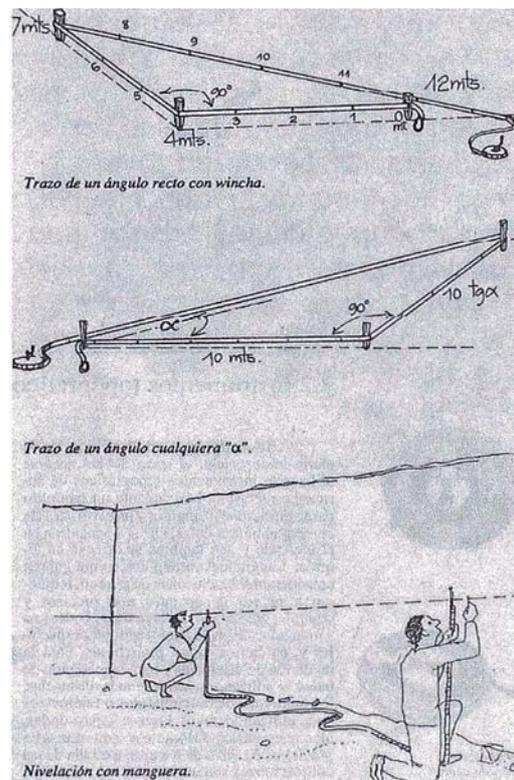
para materializar lo más exactamente posible la medida de los niveles previstos y debe hacerse de modo que las principales marcas de alineamiento y cotas se conserven durante todo el proceso constructivo o, en todo caso, puedan ser fácilmente reconstruidas.

4.4.1.1. Métodos simples de trazo:

Para construcciones menores, y de no contarse con instrumentos topográficos, el trazo puede hacerse con una wincha con la cual no solo se miden distancias sino que también se trazan ángulos. Así para marcar un ángulo recto, se medirá en la wincha múltiplos de 3, 4 y 5, que son las dimensiones clásicas del triángulo rectángulo.

La nivelación de obra, si no se cuenta con un nivel topográfico, se puede hacer usando una manguera transparente de plástico de 3/8" o de 1/2, o una manguera de jebe, de estas mismas dimensiones, en cuyos extremos se insertan tubos de vidrio de unos 20 cm. De largo. Llenando la manguera con agua, se podrá trasladar el nivel de un punto a otro por **vasos comunicantes**. Para asegurar una precisión aceptable, la manguera no deberá tener una longitud superior a 10.00 metros.

Los alineamientos cortos se marcan con un cordel pero, a partir de 10 o 12 metros, es preferible alinear por medio de **jalones**. Para



marcar líneas de gradiente, necesarias por ejemplo en tramos de tuberías de desagües, se pueden utilizar niveletas, de las que se requieren tres para marcar una visual. En esencia, una niveleta no es otra cosa que una T de madera, en la que la vertical sirve de apoyo y la horizontal para marcar la visual de las líneas de gradiente.

El alineamiento vertical se hace utilizando una plomada de albañil. Si se requiere de mayor precisión, evitando que el viento mueva la plomada, esta deberá sumergirse en un recipiente con aceite. Por cierto, si se trata de obras de mayor importancia, como por ejemplo, tanques elevados o torres, los alineamientos verticales deben comprobarse con teodolitos o plomadas ópticas.

4.4.1.2. Instrumentos topográficos:



Tratándose de obras de edificación de cierta importancia, el trazo deberá hacerse utilizando siempre instrumentos topográficos de suficiente precisión, básicamente un **teodolito** para alineaciones y ángulos y un **nivel** para las correspondientes cotas, que se encuentran en el mercado y que también se ofrecen en alquiler. Las grandes obras públicas, que cubren considerables extensiones de terreno, requieren a su vez aparatos más precisos y complicados para levantamientos geodésicos y triangulación, incluyendo teodolitos especiales y, en ciertos casos, planchetas.

Para la medición de distancias y para la medición de bases, se utilizan, en caso de grandes distancias, los modernos distanciómetros o telémetros que, utilizando rayos láser o microondas, alcanzan varios kilómetros con una alta precisión. El trazo de los ejes, a escala de las edificaciones y las construcciones localizadas, se hace por lo general con wincha (palabra quechua que quiere decir cintas), de diversa calidad y precisión y se venden de varias longitudes comenzando por los de bolsillo de 2 y 3 metros y pasando por las de 5, 10 y 25 metros, hasta las de 50, ya sean de metal, tela o material sintético.

4.4.1.3. Métodos de percepción remota:



En los últimos años, la llamada percepción remota ha revolucionado los métodos geodésicos y topográficos, aumentando notablemente su precisión y facilitando los resultados.

Los sistemas para localización de puntos geográficos por medio de **satélites**, que reemplazan los tradicionales métodos astronómicos, y las técnicas aerofotogramétricas que sustituyen a los levantamientos terrestres, escapan a los alcances del presente trabajo, pero no puede dejar de mencionarse, que, en esta época, cualquier ingeniero constructor de grandes obras tiene que estar familiarizado con el uso de pares estereoscópicos, que lo ponen en contacto con la realidad del terreno en tres dimensiones, así como los mosaicos fotográficos, que muestran la planimetría con extraordinaria precisión, e igualmente, la restitución o conformación automática de las curvas de nivel.

La combinación de los mosaicos con la restitución da lugar a la elaboración directa de planos que contienen la fotografía del terreno y las curvas del nivel, y que se conocen como ortofotoplanos en la aerofotometría no solamente sirve para producir levantamientos de extensas zonas, que sirven de base para proyectos, sino que permite la investigación en gabinete de las condiciones del terreno que muchas veces no se pueden ver en el mismo sitio. De esa manera, las técnicas de la fotointerpretación, ayudan a la identificación de las características geológicas, de la naturaleza de los cultivos, de las redes de cursos de agua y muchas veces, de restos arqueológicos que están cubiertos con vegetación o con capas de tierra. Para estos y otros fines similares, la fotografía aérea utiliza también las tomas en colores naturales y las de rayos infrarrojos, que tienen una mayor capacidad interpretativa. Para las técnicas de fotointerpretación, además de los correspondientes pares estereoscopios sobre los que se lee, todo lo que se necesita es un estereoscopio que puede ser una pequeña doble lente de bolsillo.

4.4.1.4. Criterios y consideraciones seleccionadores de equipo:

Existe una gama muy amplia de teodolitos, según el trabajo a que se destinen, desde los más sencillos para el trazo en las construcciones, con aproximación de la medida de ángulos a un minuto, pasando por los que se usan

en los levantamientos de extensión reducida, hasta los aparatos de alta precisión para triangulación o geodesia, con lecturas de ángulos al segundo o menos.

Los teodolitos modernos se instalan sobre trípodes que se nivelan con medios ópticos, con gran rapidez. Su sistema de lentes ofrece, en la mayoría de los casos, imágenes directas (en lugar de las tradicionales invertidas). Su constitución electrónica permite la repetición de las operaciones para reducir el error y realiza automáticamente la reducción al

horizonte (cálculo de la distancia horizontal entre dos puntos del terreno, después de medida la distancia inclinada y el ángulo vertical).

Muchos modelos tienen (o puede adaptarseles) telémetros electroópticos para utilizarse como taquímetros electrónicos. Por último, su construcción hermética hace innecesarios los ajustes y correcciones.

Además de los telémetros adaptables a los teodolitos, se fabrican telémetros especiales para medición de distancias como bases geodésicas, triangulación, control de grandes obras y medición de deformaciones.

El modelo Mekometer, de la Kern, se monta sobre un trípode igual al de los teodolitos y emite un rayo de luz que se refleja en una mira o reflector especial. La determinación de la distancia se basa en la medición de la diferencia de fase entre el rayo de luz emitido y el reflejado. Con el empleo de un solo reflector, puede medirse hasta 1300 metros con una precisión del orden de dos milímetros, en el término de dos minutos de tiempo. Esta distancia puede aumentarse a tres kilómetros si se utiliza tres reflectores.

No podemos dejar de mencionar los sistemas GPS que indican la referencia del levantamiento con respecto a las coordenadas UTM.

Por su lado, los niveles, tienen también una gran variación de modelos, cada uno con mayores facilidades. Desde el sencillo **nivel de obra**, de fácil puesta en estación, se ofrecen aparatos más precisos, algunos con limbo horizontal para medición de ángulos y azimut, y otros **completamente automáticos**.

Como he mencionado para elegir un determinado equipo se debe tener en cuenta la magnitud del trabajo a realizar.

Los alcances del estudio, desde solo una aproximación o levantamiento volumétrico, hasta la posibilidad de plasmar al detalle todos los elementos que conforman el trabajo a realizar.

Estas dos características llevarán a la elección de determinado equipo con los grados de exactitud requerida, claro es que mientras más sofisticados, mayor precio de compra y mayor cuidado y mantenimiento del equipo.

Al contar con equipo electrónico se debe tener en cuenta que el personal, operador topógrafo debe ser el idóneo y que obtenga el mayor rendimiento del equipo a usar.

4.4.2. MOVIMIENTO DE TIERRAS:

Como es natural, existe una gran variedad de tipos y tamaños de obras de construcción y prácticamente todas requieren de trabajos de movimientos de tierras. Muchas de ellas corresponden a modestas obras de edificación o a tareas de campesinos para limpiar o remodelar sus canales de riego o defensas

ribereñas, y en esos casos se suele utilizar herramientas manuales o recurrir a la ayuda de tracción animal. En las grandes obras, sean de edificación o de construcción pesada, el movimiento de tierras se hace mayormente con los equipos adecuados a cada caso.

4.4.2.1. Herramientas manuales.

El terreno, en donde se ha de construir, requiere de ciertas transformaciones para adaptarse a la geometría del proyecto, lo que supone entonces trabajos de nivelación, consistentes en cortes y rellenos. En la edificación, el cálculo estructural, basado en los estudios de suelos, determina la resistencia que deberá tener el terreno para recibir las grandes cargas de los cimientos y, para alcanzar dicho terreno, será necesario efectuar excavaciones. En otras áreas será preciso elevar el nivel de la obra por encima del terreno natural ejecutando rellenos que se deben consolidar mediante una adecuada compactación. Por último, los materiales excedentes de la nivelación o de la excavación tienen que ser erradicados de la obra mediante una operación de eliminación de desperdicios.

Los equipos que se utilizan para ejecutar las tareas mencionadas en la construcción urbana no son, por lo general, de gran capacidad y, tratándose de pequeños y medianos contratistas, es frecuente que esas unidades se consigan en alquiler, dado el limitado tiempo de uso efectivo, con lo que se logra siempre una notable economía.

En la mayoría de los casos de edificación de unidades aisladas para vivienda o para otros usos, el lote tendrá dimensiones reducidas, como generalmente sucede en nuestro país, de unos 120 a 500 m². En estas condiciones no habrá mucho espacio para que se muevan máquinas excavadoras o niveladoras, salvo que el terreno presente una fuerte acumulación de desmonte dejado por obras vecinas, en cuyo caso si pudiese ser económico alquilar un cargador frontal por uno o más días, que posibilite el carguío rápido de los camiones. De no ser así, todas las operaciones de nivelación, excavación y eliminación de desmonte podrán hacerse con picos, palas y carretillas y los rellenos podrán consolidarse con pisonos manuales.

Los picos que se fabrican en el país son del tipo de zapapico, que tiene punta por un lado y uña o azada por el otro, para usarse según la clase de terreno. Las palas más conocidas en el Perú como **lampas** o palanas (en el norte también se les llama también huapalas) son de dos tipos: de cuchara, diseñadas para carga material, y las derechas, que se usan para cortar el terreno, en forma vertical. También sirven para la excavación las **barretas**, herramientas de acero, de sección octogonal de 7/8" o de 1", de aproximadamente 1.20 m de largo, las que se afila una punta de diamante en un extremo y una cola de pato o cincel, en el otro. Las barretas sirven para hacer agujeros de poca sección y de cierta profundidad, y también para usarse como palancas si se quiere mover objetos pesados.

Para consolidar los rellenos, se usan pisonos manuales, de confección casera, consistentes en tacos de madera de 10"x10" o similar, a los que se clavan mangos verticales en ambos lados. Algunas veces resulta cómodo hacerse pisonos de concreto. Los pisonos se manejan levantándolos y dejándolos caer sobre el relleno tantas veces como sea necesario para que este se consolide.

En muchas partes del país, preferentemente en el Norte los agricultores necesitan mover tierra suelta para formar bordes de canales o simplemente para nivelar las parcelas o potreros, utilizan **rufas**, que consisten en unas grandes cucharas a modo de carretillas sin ruedas, que cortan la tierra y la arrastran por medio de tracción de bueyes o mulas. Las rufas son la versión más modesta de las Traíllas, que como veremos, también sirven para cortar y arrastrar material con la diferencia que esas actúan por acción de sus grandes motores diesel.

4.4.2.2. Equipo mecánico.

En muchos casos, las obras de edificación comprenden, ya sea nivelación de terrenos de gran superficie, o excavaciones profundas para dar cabida a uno o más niveles de sótano. En este tipo de proyectos, el **uso de equipo mecánico mejora notablemente el avance del trabajo y reduce los costos.**

Para definir cuando se debe utilizar este tipo de implementos en vez de solo mano de obra, en caso de que existan dudas sobre esa conveniencia, bastara con hacer un simple estudio económico en el que se haga intervenir, como variables, los costos y rendimientos de la mano de obra frente a los costos de alquiler y rendimientos de equipo mecánico, (incluyendo su transporte de ida y regreso a la obra), así como la economía de tiempo que se puede lograr con dicho equipo, estimada en términos de gastos generales y de intereses del capital invertido.

En los anexos del presente informe se detallan los rendimientos, características, consumos y vida útil de las maquinas a describir, cuadros que se tienen que tener en cuenta para la elección del equipo a utilizar

Con el objeto de identificar el trabajo específico de cada maquina, es necesario tener la visión en conjunto de la obra determinada, y analizar que papel juega cada una de las maquinas en cuanto a su rendimiento, secuencia y mantenimiento.

Características generales de los principales equipos

Se presenta a continuación una somera descripción de las principales maquinas que conforman el equipo mecánico de movimiento de tierras.

4.4.2.2.1. Tractores

Son los elementos esenciales para el movimiento de tierras. El tractor con topadora o



buldózer se utiliza para excavar el terreno por capas y empujar la tierra.

Accionado por un motor diesel muy potente, tiene un mecanismo hidráulico que orienta e inclina la hoja para regular la profundidad de corte. Se desplaza sobre dos orugas montada sobre cadenas, que le dan soporte y agarre sobre suelos barrocos y arenosos, aunque hay también modelos montados sobre llantas de jebe.

4.4.2.2. Motoniveladoras

Tienen por tarea escarificar la superficie de los terraplenes y esparcir uniformemente el material de relleno, para lo cual arrastran una cuchilla que se orienta en el ángulo más conveniente, la maquina se desplaza por medio de un motor diesel, sobre llantas neumáticas, y dispone de un sistema hidráulico para gobernar la dirección y la orientación de la cuchilla.



4.4.2.3. Cargadores Frontales

Se utilizan para recoger el material apilado por los tractores u otros medios de excavación y cargarlo en camiones volquetes o para transportarlo de un lado a otro en distancias cortas. Montados sobre ruedas neumáticas, están accionados por motores diesel y tienen un mecanismo hidráulico que arrastra, levanta y voltea la cuchara.

Como ejemplo podemos citar el modelo CAT930, que tiene un motor de 100HP, con una capacidad del cucharón de 2.25 yardas cúbicas (1.72m³) alcanzando una altura de descarga de 2.79m, su rendimiento para cargar camiones de 7 m³ es: en la costa de 760 m²/día de material suelto; 680 m³/día de roca suelta y 610 m³/día de roca fija.

Cargadores Frontales
CAT. Mod. 906, 908, 924



Los tractores cumplen una función completamente necesaria en cualquier tipo de obra, desde hace 8 a 9 años hicieron su aparición en el mercado nacional los mini cargadores, a los que se les llamo "**Bob cat**", mismos que tienen gran popularidad en Norteamérica, estos equipos generaron gran expectativa, convirtiéndose en populares y de gran rendimiento para obras de pequeña, y mediana magnitud, siendo actualmente **indispensables** en toda obra, por su ergonomía, su facilidad de uso y su fácil mantenimiento. Estas maquinas se convierten en un aliado indispensable para múltiples actividades, por ser compactas, semi industriales, todo terreno y además de disponer de tres características en una sola maquina como excavadora, cargador y perforadora con tan solo cambiar el aditamento de cuchara por el necesario, convirtiéndose en manuales al 100%



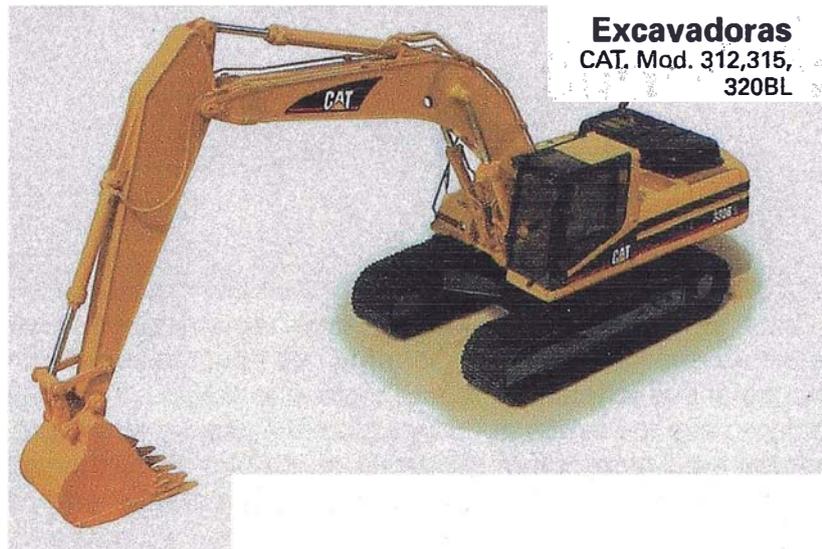
Minicargadores
CAT. Mod. 246 de 0.44 m³

Accesorios:
martillo,
barredora,
uñas, y otros.

4.4.2.2.4. Excavadoras

Para excavar el terreno se usan diversos tipos de maquinas, comenzando con los tractores buldózer, ya descritos, y continuando con diferentes tipos de palas mecánicas, de las que hay: montadas sobre orugas, sobre llantas, sobre camiones, y que tienen una tan gran variedad de modelos y capacidades que solo ellas llenarían una extensa publicación.

Para el corte de zanjas profundas se utilizan zanjadoras, que se desplazan siguiendo el eje de la excavación y que descargan lateralmente, ya sea sobre la berma o en camiones volquetes.



Las Retroexcavadoras (en ingles backhoe), sirven también para hacer zanjas pero tienen mayor versatilidad en cuanto a alcance lateral y pueden excavar en áreas menos concentradas. Esquemáticamente, una retroexcavadora consiste en un capacho o cucharón montados en una pluma accionada por un sistema hidráulico, el vehículo propulsado por un motor diesel se mueve sobre ruedas neumáticas y en determinadas condiciones de suelo debe operar apoyado sobre unas gatas hidráulicas estabilizadoras,

para excavar, se estira la pluma con el cucharón abierto, de manera que los dientes perforen el suelo y luego se recoge siguiendo una trayectoria circular al tiempo que se cierra el cucharón. La descarga se hace girando el eje de la pluma hacia un lado, al mismo tiempo que se eleva el cucharón y se abre sobre el camión volquete o sobre el sitio escogido para amontonar el desmonte.



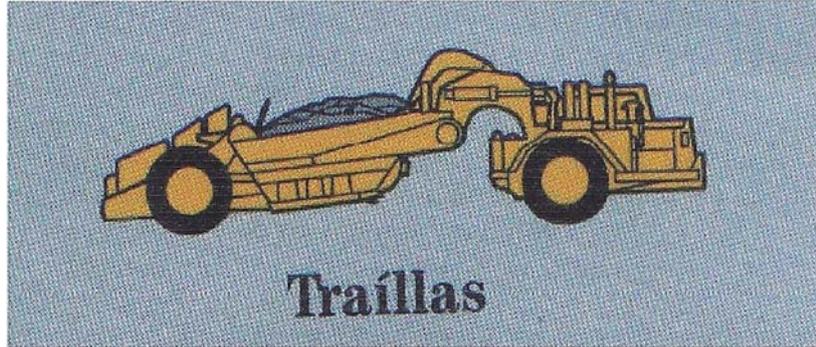
Dependiendo de los modelos las retroexcavadoras pueden mover entre 700 a 1600 metros cúbicos de material suelto por día.

Para los pequeños y medianos contratistas resulta muy cómodo adquirir una maquina capaz de hacer dos funciones alternadamente y esa es la retroexcavadora cargador frontal. Esta unidad en efecto tiene un solo motor diesel, un solo sistema hidráulico y un solo mecanismo de ruedas y dirección, pero posee en un lado una retroexcavadora y en el otro un cargador frontal.

De esa manera para trabajos de poca envergadura, la maquina puede usarse en primer termino para efectuar la excavación de una zanja un cimiento o un sótano y el cargador frontal funciona para la eliminación del material acumulado, solo el operador tendrá que mudarse de sitio y tomar los mandos correspondientes.

4.4.2.5. Traíllas

Estas piezas de equipo denominadas en inglés Scrapers (rascadoras), son como grandes carretillas que arrastran su vientre por el suelo para cargar material, en grandes volúmenes (hasta 34m³), y luego lo transportan a altas velocidades por terrenos de



relleno (hasta 55km/h) para después descargar esparciendo el material en el suelo. Existen dos grandes variantes referentes al modo de cargarlos, una de ellas consiste en la necesidad de que el notable esfuerzo de cortar el suelo y cargar el material sea ayudado por un buldózer que lo empuja hasta que concluye la carga y pueda correr por sus propios medios; la otra es la trailla autopropulsada, que utiliza su propio motor tanto para cargar como para su propio transporte. Una variante intermedia es la acción conjunta de una o dos traíllas para ayudar a cargar a otra.

4.4.2.6. Equipo para Compactación

Para la técnica de compactación, las maquinas que se fabrican obedecen a uno de los siguientes modelos:

- Rodillos pata de cabra
- Rodillos de malla o rejilla
- Rodillos vibratorios
- Rodillos de tambor liso
- Rodillos de multillantas neumáticas
- Rodillos de neumáticos pesados
- Compactadores arrastrados
- Compactadores arrastrados de alta velocidad
- Rodillos de llantas laminadas

Cada uno de estos tipos de rodillos esta indicado para las diferentes mezclas de material, desde 100% de arcilla hasta 100% de arena. Los rendimientos de su usos esta en relación con el numero de pasadas, la velocidad y el grado de compactación por cada pasada.



4.4.2.3. Criterios y consideraciones seleccionadores de equipo:

Los equipos de construcción son por lo general de alto costo y sus repuestos y refacciones tienen también elevado precio. De allí que quien posee una máquina debe poner el mayor cuidado en **mantenerla operativa el mayor tiempo posible** y con la mayor eficiencia. Esto se logra con dos tipos de

precauciones: uno, usar las máquinas de manera **racional** sin forzarlas ni abusar de su capacidad, lo otro es realizar su **mantenimiento** en la forma y frecuencia recomendada por los fabricantes, utilizando repuestos de la misma marca o de marcas confiables.

Luego de estas dos precauciones prioritarias, para la elección del equipo debemos tener en cuenta lo siguiente:

- Para el uso de cualquier tipo de máquina se debe tener en cuenta que se espera del equipo, lo cual se simplifica en conseguir:

Productividad, Disponibilidad, Durabilidad y Calidad.

La productividad es = Producción x % de disponibilidad, y la producción depende del factor de diseño y la aplicación específica del equipo.

La disponibilidad es = $\frac{TO}{TO + TMD * TP}$ X 100%

TO = Tiempo de operación.

TMD = Tiempo de mantenimiento diario.

TP = Tiempo de parada.

- En los trabajos de excavación, como regla general, cuando se quiere usar un tractor para rebajar el nivel de un terreno que tiene cierto declive, es preferible trabajar en el **sentido de la bajada**, para reducir el esfuerzo del motor.
- Cuando se emprende un trabajo de corte y nivelación con un tractor y/o motoniveladora, es importante analizar cuáles son las **limitaciones** de estas máquinas, para evitar el **desgaste abusivo**. La capacidad para cortar y empujar están dadas por el peso y la potencia de cada máquina. Físicamente, es imposible que un tractor pueda ejercer más kilogramos de empuje que su propio peso y que la potencia de su motor. Por ello, los fabricantes han establecido un **"cuadro de coeficientes aproximados de factores de tracción"**, de acuerdo con las diferentes clases y naturaleza del terreno. Para el uso del cuadro, el peso del tractor y/o motoniveladora y sus aditamentos debe multiplicarse por el factor de tracción para alcanzar la máxima capacidad de empuje.
- Otro aspecto a considerar antes de iniciar un trabajo de nivelación con un tractor es el relativo al tipo de material. Al respecto, debe tenerse en cuenta el **tamaño y forma de las partículas**, pues mientras ellas sean más grandes será más difícil que penetre el filo cortante de la cuchilla y, por otro lado, los elementos redondos ofrecen menos resistencia a la penetración que los que tienen filos ásperos. El **porcentaje de vacíos** del material, mientras menor sea será señal de mayor densidad y dificultad al corte, lo mismo que una repartición bien graduada de los diferentes calibres del material. Por último, la **humedad** es también un factor importante, pues cuando ella es muy baja, la adherencia es mayor, dificultando su corte, mientras que una humedad excesiva hace el material más pesado y difícil de remover. Por eso, la humedad óptima, a la vez que reduce el polvo, ofrece las mejores condiciones para excavar.

- Otro indicador que debe consultarse antes de asignar una tarea a la maquina, es la **potencia por metro del filo de corte**, que mide la capacidad, en HP por metro, de la cuchilla para penetrar en el material. Igualmente, la potencia por m³ de material suelto indica la habilidad para empujar. Demás esta mencionar que todos estos indicadores figuran en las tablas de los manuales de uso de cada equipo y deben, no solamente ser consultados frecuentemente, sino seguidos al pie de la letra, para así mantener operativas las maquinas el mayor tiempo posible.
- A pesar que la mayoría de las maquinas pueden desplazarse con su propio motor, **no es recomendable** hacer ese transporte en distancias largas, desde que los motores trabajan a altas revoluciones y ese traslado significa no solamente fuerte consumo de combustibles sino también desgaste inútil de los motores. Lo indicado es contar con una plataforma (camión o remolque), sea propia o alquilada, para esa operación. Excepcionalmente, las unidades pequeñas de **retro-cargador**, montadas sobre llantas de jebe, pueden desplazarse dentro del radio de las ciudades, usando su propia tracción.
- Como se ha expresado, las maquinas se mueven, ya sea sobre orugas o sobre llantas neumáticas. Las primeras tienen las ventajas de un mejor agarre al terreno y, por consiguiente, mayor capacidad de empuje en determinados suelos. En cambio, las segundas presentan la ya mencionada posibilidad de trasladarse de un punto a otro de la obra con mayor facilidad y, algo que no es despreciable, el costo de reposición de las zapatas y las cadenas es, en la mayoría de los casos, superior al de las llantas. En todo caso, la decisión de adquirir una maquina de uno u otro tipo de tracción dependerá de una serie de consideraciones técnicas y económicas de cada contratista. Como dato curioso, recordamos aquí que la palabra inglesa para designar a un gusano o una oruga es "**caterpillar**", denominación que adopto la conocida fabrica de equipos.
- Una buena política, para quien adquiere varias maquinas con la misma finalidad, es obtenerlas de la misma marca (y modelo si fuera posible), de manera de reducir el stock de repuestos. Además, al hacer la compra de las maquinas, debe consultarse con el fabricante acerca de la reserva de repuestos y aditamentos que conviene adquirir para asegurar el mejor rendimiento del equipo durante un tiempo prudencial. Estas modalidades no solo se refieren a tractores, motoniveladoras y palas, sino que debe ser una norma general, extensiva a los camiones volquetes y hasta a las pequeñas maquinas o herramientas.
- Todas las maquinas destinadas a movimiento de tierras atacan al material con los bordes de las cuchillas o de las cucharas, que son las partes que sufren el mayor desgaste y que, por esa misma razón, tienen uñas o puntas desmontables, que se pueden reemplazar cuando se consumen. Estos repuestos, incluyendo las zapatas de las orugas, se fabrican con aceros especiales de gran dureza y, por lo mismo, son de alto costo. Varias **fundiciones nacionales** producen estas piezas a pedido y aunque no siempre alcanzan el mismo rendimiento que las originales de fabrica, su costo y la oportunidad de obtenerlas en el país puede hacerlas convenientes.
- Para calcular los costos del equipo se debe considerar los **costos de posesión y los costos de operación**, en el primero están la depreciación. Los impuestos y el seguro, en el segundo están los combustibles, aceites, grasa, neumáticos, reserva

para reparaciones y el jornal de los operadores, toda esta información figura en el Capítulo 8 de "Anexos".

4.4.3. EQUIPO PARA CONCRETO

4.4.3.1. Introducción

Los métodos para la mezcla de cemento, agregados y agua en determinadas proporciones, así como para su transporte, colocación y curado, tienen por objeto producir concretos de determinada calidad y resistencia, según lo especifique el diseño estructural.

El grado de responsabilidad del Arquitecto constructor deberá estar en

relación directa con la exigencia de las estructuras que se levantan, puesto que un elemento al que puede asignarse una resistencia de hasta 350 kg/cm² requerirá de mucho mayor cuidado que una simple mezcla para un cimiento o un sobrecimiento de 80 kg/cm² de carga de rotura.

A diferencia de otros productos, un concreto deficiente puede fabricarse **al mismo costo** que uno de buena calidad que use la misma cantidad de cemento por unidad de volumen, pero en el que se hayan tomado las necesarias medidas para obtener el mayor rendimiento de todos y cada uno de los ingredientes. Cuando las obras alcanzan un determinado tamaño e importancia, se justifica el empleo de equipos y herramientas que garanticen una buena calidad del concreto, y aun en las obras pequeñas, se puede recurrir al uso de concreto premezclado en plantas industriales, que generalmente se dosifica y transporta convenientemente.

La calidad del concreto se refiere a un conjunto de factores, según el uso del elemento construido: el primero es la **resistencia**, que le permite soportar las cargas exteriores con seguridad, viene después la **durabilidad**, frente a la reiteración de cargas o a la abrasión de las superficies, por último, el **aspecto**, producto de un acabado uniforme, grato a la vista. Estas condiciones se llenan mediante una adecuada dosificación de los ingredientes de la mezcla y una operación de mezclado, transporte y consolidación de concreto que produzca la mayor densidad posible de la masa, limitando el entrapamiento de aire en la mezcla o la formación de grietas, fisuras y cangrejeras, que son causa de la destrucción paulatina de los elementos.

4.4.3.2. Elementos básicos de calidad

Siendo el objetivo de este informe presentar las principales máquinas y herramientas relacionadas con la construcción, y el presente capítulo con el concreto, creemos oportuno hacer una pequeña reseña de las principales condiciones que debe llenar este material, ya que el equipo

correspondiente está orientado a satisfacerlas, según el tamaño e importancia de las obras y las exigencias del diseño estructural, asimismo para **iniciar al Arquitecto** en estos temas que conllevarán a la **elección del equipo** adecuado a la obra a realizar.

4.4.3.2.1. La relación agua/cemento

La mezcla de agregados y cemento, para formar concreto, requiere de una determinada cantidad de agua, con dos finalidades: la primera, producir el fenómeno físico-químico de la hidratación del cemento y la segunda, servir de lubricante para lograr una adecuada

trabajabilidad del concreto y facilitar su colocación. Sin embargo, la cantidad de agua que se necesita para cada una de estas funciones es diferente, pues el agua de hidratación es mucho menor que la de lubricación. Surge aquí el mayor dilema en el diseño de mezclas de concreto: cuanto menor sea la relación agua/cemento, mayor podrá ser la resistencia del concreto resultante, mientras que cuanto mayor sea el contenido de agua, la mezcla será mas trabajable. Para resolver este problema, las mezclas se diseñan con **la más baja relación agua/cemento que permita una adecuada trabajabilidad**, y esta se mide por el **slump** o asentamiento del concreto en un cono de prueba. Mientras más bajo sea el asentamiento, el concreto será más duro (y más resistente para la misma proporción de cemento), pero requerirá de métodos de colocación adecuados, como vibración o el uso de aditivos plastificados. Estructuras muy esbeltas, con mucho acero de refuerzo y que, por consiguiente, tienen poco espacio para que penetre el concreto, se hará obligatorio, además, el uso de concretos de mas alto asentamiento.

En suma, las cantidades de cemento y de agua, y el asentamiento resultante, son factores que no-solo deberán diseñarse en función de la resistencia estructural requerida sino también de acuerdo con las necesidades de trabajabilidad del elemento específico.

4.4.3.2.2. La segregación

Un buen concreto consiste en una mezcla homogénea de agregados (en el cual los elementos mas finos llenan los espacios dejados por los más gruesos), con una pasta o lechada de cemento y agua, que debe rodear la superficie de cada uno de los granos de los agregados, para lograr su total adherencia. En el estado plástico, es decir, antes de que el concreto haya fraguado, existe la posibilidad reiterada de que se produzca "**segregación**" entre los elementos de una mezcla, o sea la separación de los elementos finos por un lado y los gruesos por otro, o de la pasta agua-cemento con respecto a los agregados. La segregación se produce por exceso del tiempo de mezclado del concreto en las maquinas concreteras, por deficiencias en los sistemas de colocación, por vibrado defectuoso o por excesivo paletado de las superficies. Un concreto segregado pierde gran parte de su resistencia y presenta **cavidades y cangrejas** que pueden ocasionar en determinado plazo la oxidación del fierro de refuerzo y la destrucción del elemento.

4.4.3.2.3. El entrapamiento del aire

Las operaciones de batido del concreto en las mezcladoras y el vertido en los encofrados incorporan accidentalmente a la mezcla una apreciable **cantidad de aire**, que ocasiona una serie de deficiencias de calidad, porque produce mezclas no uniformes, porosas y con cavidades, que no se adhieren convenientemente al acero de refuerzo y que, además, presentan mal aspecto. Este problema se resuelve utilizando los métodos adecuados de compactación o consolidación del concreto, como veremos mas adelante.

4.4.3.2.4. Una adecuada dosificación

Para que el concreto adquiera la resistencia exigida por él calculo estructural, es necesario que todos los ingredientes sean dosificados convenientemente antes de ser echados en la mezcladora: la cantidad de cemento, de agua y de cada uno de los tipos de agregados que se utilicen. Pero debe tenerse en cuenta que todas las formulas se refieren a dosificación **por peso**, ya que no es practico medir en cada caso el peso específico de los agregados para justificar una medición por volumen.

Tratándose de obras corrientes, en las que se usan resistencias medianas de concreto, la exigencia de pesar los ingredientes no es tan fuerte y se suele dosificar por volumen, midiendo los agregados en cajones especiales o calibrando el contenido de las carretillas. Algunos constructores más cuidadosos, sin embargo, utilizan una pequeña balanza de plataforma, capaz de pesar una carretilla, para medir por peso los agregados.

La cantidad de agua, como ya hemos dicho, es determinante de la resistencia del concreto. Medirla por peso o por volumen es indiferente, ya que su peso específico es fijo, pero frecuentemente se deja al operador de la mezcladora la decisión de variar la cantidad de agua en cada tanda para obtener mezclas más trabajables, y de esa manera se disminuye la calidad del concreto, a veces en proporciones exageradas. Esta modalidad no solo se limita a las cuadrillas de concreto hecho en obra, sino que se extiende muchas veces al concreto premezclado, mediante la intervención del capataz de vaciado que induce al operador del camión concretero a "ablandar" la mezcla aumentando agua. Debe notarse que este fenómeno no es exclusivo de nuestro país, ya que da motivo a recomendaciones de control también en países desarrollados.

4.4.3.3. Equipo para la dosificación de los ingredientes.

Cuando se trata de obras de cierta importancia, en las que se debe vaciar fuertes cantidades de concreto por día, resulta práctico el uso de **plantas dosificadoras**, que pueden integrarse con el equipo de mezclado, con el cual constituyen las llamadas **plantas centrales de concreto**.

Las plantas dosificadoras consisten en depósitos para agregados, generalmente tolvas de planchas de acero, y silos para cemento a granel, así como tanques para agua. Las tolvas se cargan por arriba mediante transportadores de faja o usando grúas y se descargan por compuertas situadas en la parte inferior, en donde se ubican las balanzas, que se gradúan para cada agregado y para cada diseño de mezcla.

Las plantas dosificadoras pueden ser: manuales, semiautomáticas o automáticas. En las **plantas manuales**, las operaciones de pesaje y descarga de los ingredientes hacia la mezcladora se hacen a mano.

Son eficaces para trabajos pequeños, con rendimientos hasta de 20m³/hora. En las **plantas semiautomáticas**, la apertura de las tolvas se hace presionando botones que accionan mecanismos eléctricos, para impedir que siga cayendo material cuando se ha pesado la cantidad programada. Por último, las **plantas automáticas** operan con solo arrancar el sistema, poniendo en marcha toda la operación de pesaje y apertura y cierre de compuertas.

En todos los tipos de plantas dosificadoras, la medición de los agregados, el cemento y el agua se hace por peso. Como, por lo general, la arena tiene un contenido de agua significativo, debe calcularse periódicamente su influencia en la relación agua/cemento prevista, tomando muestras de la arena y midiendo su humedad en laboratorios de obra. Por lo demás, existen en el mercado **medidores de humedad de la arena**, que se incorporan a las plantas dosificadoras y que permiten reprogramar las dosis de agregados finos y de agua en caso de presentarse variaciones, para mantener la relación agua/cemento del cálculo.

Cuando se trata de grandes volúmenes de construcción y de estructuras exigentes en cuanto a la calidad del concreto, las **plantas centrales** pueden alcanzar un alto grado de perfección, y están dotadas de mecanismos que registran en una cinta de papel cada operación, incluyendo: el peso de los agregados, el cemento y el agua en cada tanda así como el tiempo de pesaje y de mezclado del concreto. Se registran, igualmente, las cantidades de los ingredientes que existen en todo momento en las tolvas, silos y tanques. Con esa información se facilita el control de calidad de las mezclas, aun después de cierto tiempo, el reabastecimiento de los ingredientes y el rendimiento de la operación.

4.4.3.4. Equipo para preparación de agregados y materiales para relleno.

Tanto el concreto de cemento o de asfalto, como los morteros, los materiales para relleno y los que se usan para afirmado de pistas y carreteras, provienen del suelo o de canteras, pero el estado natural en que se encuentran a veces no corresponde a la calidad y

dimensiones especificadas para una u otra actividad ya que las características técnicas son diferentes para cada caso, por lo que se hace necesario hacer varias operaciones destinadas a su preparación, como extracción, trituración, selección y lavado:

4.4.3.4.1. Equipo para extracción de material de ríos y canteras.

Los materiales que forman el suelo natural se usan masivamente en la construcción para realizar diversas funciones. Así la tierra vegetal, constituye el material para la confección de adobes, ladrillos, superficies finas para los afinados de pavimentos y para la construcción de jardines. Los estratos sedimentarios superficiales, compuestos de **rocas descompuestas, arena y arcilla**, sirven para rellenos y afirmados de pistas y carreteras. La **arena** depositada en la playa de los ríos en ciertas canteras se usa para mortero de cemento o cal, por ultimo, la **pedra**, en la forma de canto rodados, se extrae del lecho de los ríos o de las capas de terreno sedimentario y sirve para constituir los agregados gruesos de concreto, ya sea por medio de tamizado directo o mediante la **trituración o "chancado"**.

La arena de las playas marinas no es conveniente para su uso en mortero o concreto, por la alta cantidad de sales y otras sustancias deletéreas que contiene.

Como no siempre se encuentran los materiales convenientes en depósitos superficiales, sobre todo para su uso en relleno y afirmados de carreteras, se hace necesario ubicar canteras que contienen el material bajo la superficie y extraerlo por medio de excavación. Si los suelos son **blandos**, ésta se hace utilizando herramientas **manuales o mecánicas**, y en el caso de suelos **medianos o duros** se hace necesario recurrir a **explosivos**.

Una forma de obtener materiales para relleno o afirmados en terreno relativamente blandos es la preparación de "**calambucos**" y su voladura con pólvora. Los calambucos son perforaciones verticales para permitir el paso de un hombre, que al llegar a cierta profundidad se continúan de manera horizontal para formar "**tazas**" que se rellenan con pólvora.

Después de efectuada la "voladura", se realizara la operación llamada "**desquinche**" consiste en voltear con barretas y otras herramientas manuales los trozos de material con el objeto de permitir su carguío y transporte. Cuando se trata de operaciones mayores de desquinche se hace utilizando maquinaria pesada como bulldozers o palas mecánicas.

4.4.3.4.2. Equipo para trituración y selección.

La preparación del material del suelo varia según su destino, dependiendo del trabajo que se quiera desarrollar el material deberá tener las características establecidas y prediseñadas, en cuanto a su pureza, resistencia y granulometría, en la mayoría de los casos será necesario establecer un tamizado para separar los distintos diámetros, esta operación se realiza por medio de plantas de zarandeo o en caso de pequeño o medianos trabajos con zarandas manuales.

Cuando lo que se busca es fabricar **agregados para concreto o para asfalto**, el material, en cuanto a su calidad, deberá llenar los requisitos de las especificaciones correspondientes. Generalmente sus dimensiones son muy grandes para usarlos directamente, y por eso se debe recurrir a un proceso de trituración o chancado.

La operación de trituración de las rocas se efectúa utilizando **chancadoras**, que pueden ser de conos o de mandíbulas. La primera etapa consiste en trozar las grandes rocas en chancadoras primarias, de gran capacidad, después se hacen pasar por las chancadoras secundarias, que completan la operación. Los agregados se seleccionan por tamizados en plancha especial de zarandeo, en las que el producto de la trituración recorre un camino en el que se ubican zarandas vibratorias de diferentes diámetros. Debajo de cada una de ellas se sitúa una tolva de almacenaje y despacho para camiones o fajas transportadoras para apilar el agregado en lugares adecuados.

El transporte usado para los agregados dependerá de la obra en particular que se realiza, si se trata de suministros de agregados para el mercado urbano, su traslado será en volquetes, si es el caso de plantas de concreto o de asfalto, el agregado se trasladará desde la planta de chancado y tamizado hasta las máquinas mezcladoras por medio de fajas transportadoras.

4.4.3.4.3. Equipo para lavado de arena.

El buen uso del concreto plantea exigencias para la limpieza, granulometría, que no siempre, pueden cumplirse con las arenas extraídas de canteras o de río, si se pretende alcanzar altas resistencias con el concreto.

Para ello es necesario lavar la arena, operación que se realiza utilizando recipientes en los que se mezcla la arena con el agua para eliminar la arcilla u otros elementos nocivos, En caso de que los volúmenes sean importantes, puede usarse una máquina mezcladora de eje horizontal o continuo, que tiene un gusano o espiral con el objeto de ir volteando la arena a medida que se va mojando, después de lavada la arena es importante verificar su granulometría, para los casos en particular que se deseen.

4.4.3.5. Equipo para Mezclado de concreto

El sistema más simple, pero el menos recomendable, para producir concreto es el **manual**, que consiste en apilar los agregados sobre una superficie plana y mezclarlos con el cemento y el agua, revolviendo la mezcla con picos y lampas.

Desde luego la medición de los agregados se hace por carretilladas, la del cemento por bolsas y la del agua por latas, con lo que la precisión de la dosificación es muy precaria.

Más aun, se tiene el mal hábito de ir mojando los agregados durante varias horas antes del vaciado, usando una manguera y añadir agua a medida que se va usando el concreto, el resultado es un concreto de consistencia y proporciones muy variables, muy segregado, y en la relación agua/cemento alcanza índices elevadísimos que disminuyen notablemente la resistencia del concreto (se estima que, para una determinada cantidad de cemento y agregados, la resistencia puede bajar en un 30% de lo que resultaría con máquinas concreteras), Si bien este método puede permitirse eventualmente para vaciar concreto ciclópeo de muy baja resistencia, debe ser proscrito para estructuras de concreto armado, como columnas, viga, losas y escaleras.

En suma, el sistema **es tan primitivo** que no se consigna en ningún tratado o manual tecnológico, pues resulta más fácil, económico y aconsejable alquilar una pequeña mezcladora de trompo. En términos generales el costo de una máquina mezcladora, en relación a las inversiones que se manda una construcción, resulta poco significativo, hasta el punto que podría amortizarse en una sola obra de magnitud mediana.

Maquinas mezcladoras

Una primera clasificación puede hacerse en:

4.4.3.5.1. Mezcladoras estacionarias

4.4.3.5.2. Mezcladoras móviles

4.4.3.5.1. Mezcladoras estacionarias

Las estacionarias si bien pueden ser transportadas por remolque de una obra a otra, operan en un sitio fijo durante todo el proceso de vaciado de una estructura determinada.

Estas pueden ser, de eje vertical, de eje horizontal y de espiral o continuas, las mezcladoras de eje vertical mas conocidas son **los trompos**, tienen la forma de un recipiente cuya base es una media esfera y cuyo cuerpo es un tronco de cono, que termina en una boca, por la cual se cargan los agregados y también se descarga el concreto, giran alrededor de un eje vertical (tienen una ligera inclinación con respecto a la vertical aproximadamente unos 15 a 20%, según el fabricante) y tienen paletas en el fondo y en los costados para revolver toda la carga en cada vuelta, de este diseño son las pequeñas mezcladoras de 3 pies cúbicos y también las muy grandes de 1 a 4 yardas cúbicas que se usan en las grandes plantas de concreto para la construcción de presas, grandes puentes, etc.



Tienen dos movimientos: el de rotación para mezclar el concreto y el bascular para vaciar el contenido en cada tanda, en las pequeñas construcciones se usa los pequeños trompos, a pie de obra, mientras que en las grandes plantas centrales, los trompos van en parejas, para alternarse en las operaciones de carga y descarga, con lo que se produce un flujo mas continuo de concreto.

Otro tipo de mezcladoras de eje vertical es el de cilindro abierto a modo de un tazón que no gira y sobre cuyo eje tubular están insertadas unas paletas giratorias que rozan el fondo, como una amasadora de pan. Se alimentan por arriba usando diversos mecanismos (tolvas, chutes, etc.) y se descargan por el fondo por una abertura operada a mano por medio de una compuerta de forma de sector circular. Este tipo de mezcladora es mas apropiada para producción de mortero que para concreto y su uso es frecuente en las fabricas de elementos prefabricados, como postes, tubos, paneles, bloques, etc.

Las mezcladoras de eje horizontal o de tambor, son las mas conocidas, y consisten en un cilindro montado en un chasis, con una cremallera por la parte exterior que le trasmite el movimiento de un motor de gasolina, diesel o eléctrico y con paletas soldadas a la parte interior del tambor para revolver la mezcla. La carga se hace por medio de una tolva exterior que bascula por un sistema de cables y poleas, en la que se vierten los agregados primero y el cemento después, previamente medido. El agua se alimenta por medio de un sistema de tuberías que termina en un tanque regulador que suministra la cantidad exacta que requiere cada tanda para dar a la mezcla la relación agua/cemento correcta.

La descarga se hace por la boca opuesta a la de la carga, permitiendo que simultáneamente se vaya cargando la siguiente tanda en la tolva, de manera de tener un flujo mas continuo de concreto que en los trompos.

Las mezcladoras de espiral o continuas, consisten en un cilindro cerrado, dentro del cual corre un espiral a modo de gusano transportador, que gira alrededor de un eje longitudinal. Los ingredientes se cargan por un extremo y se descargan por el otro,

calculándose que toda la carga será mezclada en el trayecto, permitiendo la recepción continua de materiales, sin esperar la descarga de cada tanda.

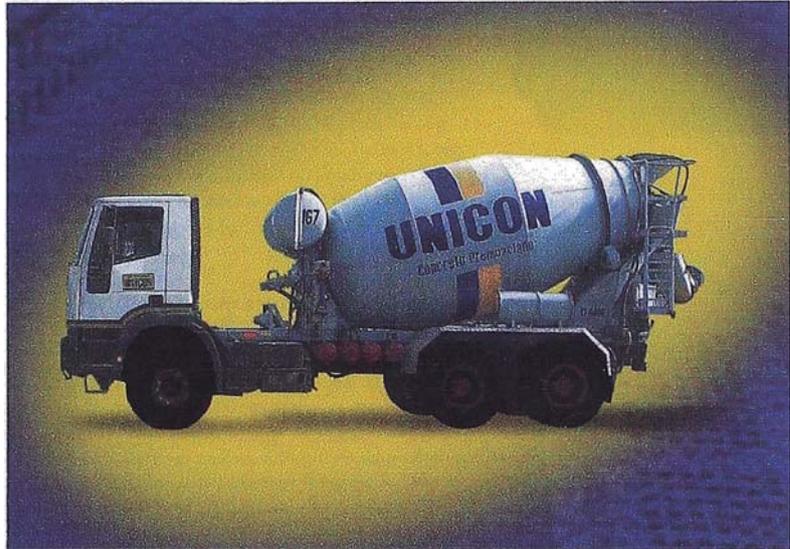
4.4.5.3.2. Mezcladoras móviles

Las móviles, transportan el concreto montada en camiones desde una planta dosificadora o mezcladora central, generalmente situada fuera de obra.

Cada día tiene mayor demanda el uso de camiones concreteros, cuyo nombre genérico en inglés es “ **ready mix concrete**”, que se puede traducir como **concreto premezclado**.

En este procedimiento, los ingredientes se dosifican en la planta, que puede ser solo dosificadora o también dosificadora - mezcladora, esta última para hacer un mezclado previo que se completará durante el transporte.

Los camiones concreteros, de diferentes capacidades, tienen generalmente un motor para movilizarse y otro motor para hacer girar el tambor, cuyo eje tiene una ligera inclinación con la horizontal, disponen además de un tanque regulado para añadir agua a la mezcla en el momento preciso.



Como la distancia máxima comercial de transporte está entre los treinta y cuarenta kilómetros, los recorridos pueden tomar un tiempo apreciable, y si tuviera que mezclarse durante todo este lapso, se produciría la segregación de la mezcla, por ello los tambores de los camiones concreteros tienen **dos velocidades**, una de mezclado y otra más lenta de agitación, la primera servirá para elaborar el concreto y la segunda para evitar que la mezcla se asiente y se inicie la fragua.

En todo caso, es recomendable que el concreto no permanezca en el tambor por más de una y media horas, salvo que se compruebe que con tiempo adicional, se mantiene, el mismo asentamiento.



El agua se añade en la planta, sin embargo, debe reservarse una parte de la cantidad prevista para mantener la consistencia de la mezcla durante el transporte, sobre todo en tiempo caluroso, es conveniente también hacer dar al tambor unas 30 vueltas a velocidad de mezclado inmediatamente antes de descargar, desde luego es importante insistir en que los capataces de obra no intervengan para hacer variar la cantidad de agua ni la

consistencia del concreto, porque pueden hacer perder una alta proporción de su resistencia.

4.4.3.6. Equipo para transporte y colocación de concreto

Como hemos tratado desde la extracción y preparación de los materiales para concreto así como para rellenos, debemos considerar dos tipos de transporte:

4.4.3.6.1. Transporte fuera de obra

Es el traslado de materiales o abastecimientos a la zona de trabajo ya sean las plantas centrales de producción de concreto o a la zona de preparado, en las magnitudes necesarias, así como el transporte de tierra, agregados, agua,



desmante y otros, para estos se usan los camiones ya sea de baranda, volquetes, tanques y por ultimo las camionetas que trasladan personal o carga diversa de peso intermedio, que son muy útiles dentro y fuera de la obra.

4.4.3.6.2. Transporte en obra.

Es el traslado de materiales dentro de la obra y básicamente el concreto preparado en plantas centrales o a pie de obra, que tiene que ser trasladado a su punto de colocación final, es decir dentro de los moldes encofrados o emplazamientos fijados en los planos de construcción. La separación entre la zona de producción del concreto y el lugar de colocación suele tener una de dos componentes o los dos: distancia



horizontal o distancia vertical. Muchas veces se hace necesario hacer primero un transporte horizontal – por ejemplo desde la planta de concreto a la obra – luego un transporte vertical, para alcanzar el nivel de vaciado y finalmente otro transporte horizontal para llegar desde el artefacto elevador hasta el sitio de vaciado. Estos cambios de sentido del transporte pueden hacerse a veces en el mismo recipiente que lleva el concreto, pero en la mayoría de los casos tiene que hacerse transvases. Evidentemente, la preocupación fundamental en el transporte del concreto es tratar de **evitar la segregación** y desde luego impedir que un proceso demasiado lento pudiera hacer manipular un concreto que ha iniciado ya su fragua. Por todo ello cada sistema de transporte debe hacerse con equipos diseñados para mantener intactas las propiedades plásticas y la estructura de la mezcla. Lo más simple en el transporte de concreto, es la **lata**, fabricada en latón y eventualmente en plástico, con capacidad de un pie cúbico que se maneja mediante un asa soldada o de madera en la parte superior, las latas se usan para acarrear agua y para el llenado de concreto en obras menores.

Más manuable y de mayor capacidad es **la carretilla de acero**, que se vende en varias dimensiones, una versión mayor es **el buggy**. Existe un método de transporte y colocación del concreto que no requiere del recipiente específico y es el bombeo del concreto a través de una línea de tubos. Este método ofrece gran versatilidad, rapidez y buena conservación de la mezcla durante el trayecto hasta su destino final. Desde que puede bombearse en longitud y altura, este sistema tiene una clasificación singular, que veremos mas adelante.



4.4.3.6.2.1. Transporte horizontal

Yendo de las distancias mayores a las menores. , El concreto puede ser transportado



desde una planta concretera hasta la obra en distancia que pueden llegar a los cuarenta kilómetros. Las principales características de esta operación han sido descritas mas arriba al tratar de las **mezcladoras móviles**. Se ha visto allí que el concreto se dosifica y se mezcla en una planta central y luego se carga en el tambor del camión concretero para

ser trasladado a la obra recibiendo durante el trayecto una constante agitación para evitar que el concreto se asiente o se desintegre.

Existe además otra forma de transportar concreto, a distancias considerables sin recurrir a camiones mezcladores y es el uso de **camiones volquetes no giratorios**. Este tipo de operación es eficaz cuando se tiene que vaciar **grandes cantidades** de concreto en la obra y se dispone de una planta central a cierta distancia. Las unidades de transporte no son volquetes corrientes, sino que tiene un diseño especial: el fondo de la tolva no es plano y los mejores modelos tienen una doble curva, para aligerar la descarga cuando se bascula la tolva, se ayuda la operación con un vibrador en la compuerta, así como aletas que propician el premezclado, pero por supuesto, sin añadir una gota de agua. La parte superior del volquete esta abierta, aun cuando en tiempo de lluvias será necesario cubrirla con lonas.

El tiempo de transporte normalmente no debe sobrepasar es de 30 a 45 min. Si se considera que este tipo de equipo es mucho más barato que un camión concretero rotatorio, se puede apreciar que su operación puede ser ventajosa en determinada clase de obras, teniendo en cuenta que este tipo de maquinarias puede transportar cada vez una cantidad significativa de concreto. Por lo demás la experiencia demuestra que mediando una buena limpieza después de cada uso y un adecuado mantenimiento, la **calidad del concreto** no tiene porque disminuir.

Para distancias reducidas, vale decir dentro de la obra, el concreto puede ser transportado horizontalmente con **buggies autopropulsados** o manuales, los primeros movidos por un motor a gasolina o diesel, están montados en llantas de jebe y tiene un dispositivo basculante que permite la descarga y pueden alcanzar, según las necesidades de la obra, capacidades de hasta una o dos yardas cúbicas. Las distancias máximas aconsejadas para buggies mecánicos son del orden de 100 metros y para los buggies manuales de unos 50 a 60 metros, los buggies manuales pueden tener llantas metálicas o de jebe y por supuesto una menor capacidad.



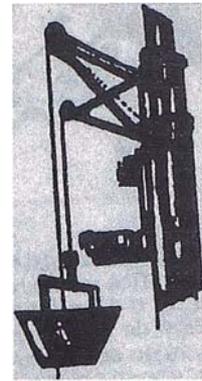
En ambos casos es necesario disponer de caminos rígidos y suaves que eviten la trepidación y la consiguiente segregación del concreto, la solución de tender unos tabloncillos separados sobre la losa que se quiere vaciar puede ser muy rápida, pero se corre el riesgo que se muevan y los buggies se descarrilen, malogrando las obras de fierro, ladrillo y tuberías y al mismo tiempo segregando concreto con golpes producidos al pasar de un tablón a otro, lo practico es prefabricar los caminos con tabloncillos unidos con durmientes o "**mueritos**", cuidando de conseguir juntas rígidas a nivel.

4.4.3.6.2.2. Transporte Vertical

El transporte vertical del concreto se hace con frecuencia por medio de mecanismos elevadores que también sirve para movilizar toda clase de materiales en las obras como son los montacargas, las grúas, las rampas y los sistemas de poleas, como son:

Baldes levadizos

Es un equipo muy económico y fácil de instalar, que consiste en una pluma o “**derrick**” que se fija en el nivel superior con uno o dos brazos en cuyo extremo se coloca una polea, por ella pasa un cable que levanta el balde de concreto, accionado por un motor eléctrico o a combustión interna, la capacidad del balde corresponde, generalmente, a la tanda de una mezcladora pequeña, de la cual se vierte el concreto directamente, cuando el balde llega a la parte superior, se vacía el contenido en buggies o carretillas para iniciar el transporte horizontal.



Baldes mecánicos

Cuando se utilizan **grúas** para movilizar el concreto, este se lleva en unos **baldes** diseñados especialmente y de diversas capacidades. La descarga de los baldes se hace por el fondo a través de una compuerta accionada manualmente en los baldes pequeños y por medio de un motor eléctrico o de aire comprimido en los mas grandes, la abertura del fondo debe ser amplia (no menos que un tercio de la sección transversal del balde) para dejar caer libremente el concreto y la pendiente de los lados debe ser fuerte no menor de 60 grados.



4.4.3.6.2.3. Transporte Mixto.

Para resolver los inconvenientes del cambio de transporte, las grandes obras usan elementos mecánicos que realizan simultáneamente las funciones de izar y trasladar las cargas horizontalmente, por eso se catalogan como transporte mixto, estas son las **grúas** de diverso tipo, capaces de mover cargas del orden de 5 a 10 toneladas, aunque para el montaje de grandes puentes, existen modelos con capacidad mucho mayor.

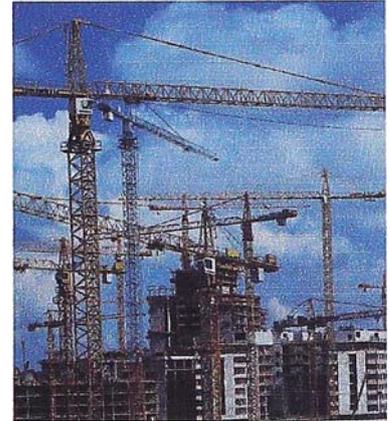
4.4.3.6.2.3.1. Grúas automóvil.

En las edificaciones corrientes tenemos las grúas automóvil, que se trasladan por sus propios medios a la obra rodando sobre llantas o sobre orugas, y que se ubican en un punto fijo o en varios puntos alternativos. La grúa automóvil se compone de una masa pesada integrada por **el chasis, los motores y los winches**, y **una pluma** cuyo punto de apoyo puede girar 360 grados, un juego de poleas hace subir la carga verticalmente para alcanzar el **punto preciso** (característica de este tipo de maquinas es la exactitud), en algunas grúas se les añade una **giba**, que hace cierto ángulo con la primera y sirve para lograr un mayor alcance dentro de la obra. Otros modelos tienen una pluma telescópica que se recoge para el transporte. Asimismo para aumentar el área de sustentamiento las grúas disponen de patas extensibles que funcionan como **gatas**.



4.4.3.6.2.3.2. Grúas torre.

Estas consisten en estructuras **reticuladas de acero** que forman una torre rígida vertical, mantenida en posición por medio de “**vientos**” (cables de acero) o asegurándose a las paredes ya construidas del edificio. En la parte superior hay **una pluma horizontal**, igualmente reticulada, sobre la que corren las poleas que mueven la carga y que en el extremo opuesto tienen un **contrapeso**. En muchos modelos, las grúas torre pueden ir creciendo a medida que avanza la altura de la edificación, y en ciertos casos las grúas están montadas sobre rieles que permiten su desplazamiento horizontal.



4.4.3.7. Equipo para Bombeo de Concreto

Una de las formas mas usadas para el manipuleo del concreto es **el bombeo**, que presenta la ventaja de reunir en un solo elemento mecánico las funciones de transporte y colocación, mediante el bombeo se eliminan las operaciones necesarias para elevar el concreto en castillos, baldes o grúas y de llevarlos a su sitio final en el nivel superior. En nuestro medio, las compañías vendedoras de **concreto premezclado** dan adicionalmente el servicio de bombeo, aplicable sobretodo al vaciado de los pisos sucesivos de los edificios, **la sencillez de la operación, la rapidez y el buen trato que recibe el concreto en el proceso, justifican en la mayoría de los casos, los costos que puede demandar dicho procedimiento.**



Calidad del concreto.-

Para ser bombeado el concreto debe tener **consistencia plástica**, ya que es difícil y no aconsejable bombear mezclas duras. De acuerdo con la experiencia, los asentamientos inferiores a 2” no funcionan, pero debe evitarse concretos con “slump” de mas de 6”, que son propensos a segregar la pasta de los agregados y ocasionar taponamiento de los tubos. Como norma general, se aconseja diseñar específicamente una mezcla plástica en lugar de querer resolverse los problemas añadiendo agua.

Alcances y rendimientos.-

En cuanto al alcance y rendimiento de los sistemas, y dependiendo del equipo que se emplee, se pueden obtener distancias horizontales de 300 metros o una altura de hasta 100 metros, con producción entre 8 y 70 metros cúbicos por hora.

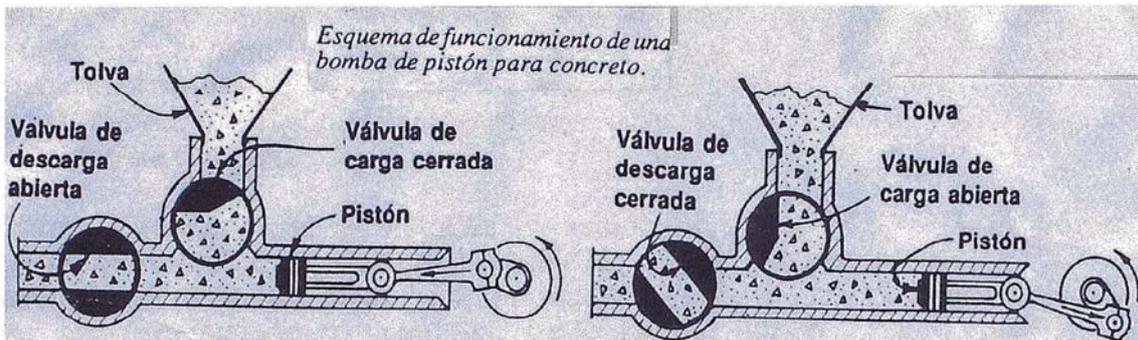
Los principales sistemas de bombeo de concreto son:

4.4.3.7.1. Bombas de pistón

4.4.3.7.2. Bombas neumáticas

4.4.3.7.1. Bombas de pistón

Estas son más adaptadas a la edificación urbana, su sistema es enviar concreto a través de **una línea de tubos**, en descargas sucesivas hasta la zona de vaciado. En los modelos de dos pistones, que funcionan alternadamente, se logra un flujo casi continuo, esquemáticamente el concreto llega de la mezcladora a una tolva, de donde se transfiere al cilindro, al abrirse la válvula de admisión. Cuando termina la carga, esa válvula se cierra y se abre la de la salida o escape para permitir el flujo de concreto a través de los tubos de conducción.

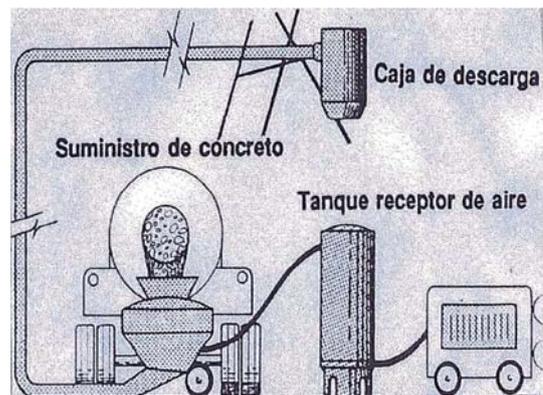


Las tolvas que generalmente tiene paletas para mantener el concreto en agitación, tienen capacidades que van desde 4 pies cúbicos hasta 2 yardas cúbicas. Los pistones son accionados por motores eléctricos, diesel o gasolina. La tubería de conducción, con diámetros de 3 a 8 pulgadas, se fabrica con acero o aluminio, en tramos de 3 metros que se unen mediante acoplamiento rápido. Para tramos curvos o empalmes difíciles, se suele utilizar tubería flexible de jébe o de plástico.

4.4.3.7.2. Bombas neumáticas

Estas se usan mayormente en obras públicas como el revestimiento de túneles.

Este equipo consiste en un tanque neumático dentro del cual se vierte el concreto y se cierra herméticamente. Al introducir después el aire comprimido por la parte superior, el concreto se empuja a través de la tubería hasta una caja de descarga, en donde se purga el aire. En este sistema, el concreto fluye en porciones separadas, por golpes secos, y para lograr un flujo más continuo se puede usar varios tanques neumáticos. Para la operación se requieren compresoras de aire con una capacidad no menor a 3.5 m³/minuto.



4.4.3.8. Equipo para compactación de concreto

Según se ha explicado ya, es necesario que el concreto colocado en su lugar de destino final alcance la mayor densidad posible, eliminando el aire entrampado accidentalmente y

adaptándose a las formas o espacios de la manera más exacta. Ello se logra utilizando un sistema adecuado de consolidación de la mezcla en su estado plástico, teniendo en cuenta las características específicas del elemento, como por ejemplo, las dimensiones, la cantidad de acero de refuerzo, el asentamiento o “**slump**” asignado a la mezcla, etc. La mayor o menor simplicidad y sofisticación **del sistema de compactación** variara también con la importancia de la obra y del papel asignado a los elementos que se llenan. De allí que en este caso como en otros ya descritos, existen dos métodos de compactación:

4.4.3.8.1. Métodos manuales

4.4.3.8.2. Métodos mecánicos

4.4.3.8.1. Métodos manuales.

El concreto puede ser consolidado manualmente usando una **varilla de hierro** de construcción (recomendable de ½ pulgada) u otro tipo de elemento metálico que se inserta dentro del concreto, preferentemente pegados a los encofrados laterales, con un enérgico movimiento repetido, de arriba hacia abajo. Esta operación debe hacerse con especial habilidad para distribuir uniformemente el concreto sin que se produzca segregación de sus partes.

En términos generales, estos métodos son aceptables en pequeñas construcciones, así como para concretos de baja resistencia. En inglés se conocen como “**roding**” o “**spading**”, mientras que en el Perú se usa el verbo “**chucear**”.

Como complemento del “chuceo”, se suele golpear los encofrados de las vigas o columnas con mazos de madera de modo de facilitar que corra el concreto. Esta operación debe hacerse con cuidado de no desalinear ni desplomar los encofrados.

En caso de elementos encofrados muy grandes o tratándose de concreto ciclópeo, la consolidación puede hacerse golpeando la superficie de cada capa por medio de pisones de madera o de metal. El apisonado debe hacerse en concretos de muy reducido asentamiento y teniendo cuidado de no hacer flotar el agua de la mezcla.

4.4.3.8.2. Métodos mecánicos

En la mayoría de los casos es recomendable consolidar el concreto por medios mecánicos adecuados. Podemos citar los tres métodos que más se usan, y que dependen de las características del elemento que se trabaja:

4.4.3.8.2.1. Apisonado mecánico.

4.4.3.8.2.2. Vibración.

4.4.3.8.2.3. Vibración y rodillado.

4.4.3.8.2.1. Apisonado mecánico.

El uso de **pisones mecánicos (power tampers, en inglés)** esta indicado en concretos duros. Los pisones son relativamente livianos y pueden ser operados por un solo hombre. Tiene un movimiento vertical en forma de saltos y en muchos casos se les añade cierta vibración. Estos equipos son de fácil movilización para la operación en obras de tamaño reducido.



4.4.3.8.2.2. Vibración

El método mas usado en todo el mundo para compactar el concreto es el de la vibración, que tiene por objeto, por una parte, aumentar momentáneamente el asentamiento para permitir un mejor acomodo del concreto, y, por otro, eliminar el exceso del aire entrampado. Este procedimiento tiene tantas variantes y complicaciones en su forma de aplicación, que constituye por si sola, una rama especial de la tecnología del Concreto.

Dadas las limitaciones de este tema, nos restringiremos a lo más esencial.

Por su forma de utilización, los vibradores pueden ser **interiores** y **exteriores**, y, según el tipo de trabajo, pueden usarse independientemente o en conjunto. Los interiores conocidos como “**vibradores de aguja**” se introducen en la mezcla y ayudan a las operaciones de distribución y consolidación. Los exteriores se adhieren a los encofrados y hacen vibrar el conjunto de encofrado y mezcla. Del tipo exterior son las “**reglas vibratoras**” que se usan para extender y compactar el concreto en losas, pistas y veredas.

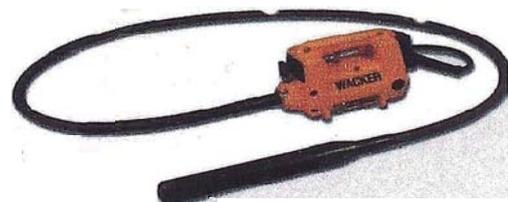
Según la fuente de energía, se usan vibradores eléctricos, neumáticos o movidos por un motor de gasolina o diesel. Ciertamente cada tipo tiene sus ventajas y sus inconvenientes: **Los eléctricos** son fáciles de transportar ya que solo habrá que trasladar las agujas, enchufadas a una línea de fuerza, pero debe tenerse mucho cuidado con proteger esa línea y evitar cortocircuitos que puedan poner en riesgo la vida de los trabajadores. **Los vibradores montados sobre motores** de combustión interna requieren precauciones para no derramar gasolina o aceite en la obra, contaminando el concreto. **Los neumáticos** son los menos peligrosos, pero no siempre se cuenta con un sistema de suministro de aire comprimido en la obra.

Vibradores interiores.-

Los vibradores interiores o “**de aguja**”, son los más usados. Consisten en cilindros metálicos huecos rematados por una cabeza semiesférica, en cuyo interior gira una excéntrica que produce la vibración. Los tipos comerciales se fabrican con diámetros que van desde $\frac{3}{4}$ de pulgada hasta 7 pulgadas, siendo los mas usados en edificaciones los que tienen alrededor de $1\frac{1}{2}$ a 2 pulgadas. La potencia proveniente de motores exteriores, se trasmite al cilindro por medio de un **eje flexible colocado en el interior de la manguera**.

En el aire los vibradores eléctricos pueden alcanzar la frecuencia de hasta 17,000 vibraciones por minuto, aunque ella disminuye un quinto cuando la aguja esta sumergida en el concreto. Para los vibradores movidos por motor de gasolina, la frecuencia normal es del orden de 3,600 golpes por minuto. Existe un tipo de vibradores de aguja cuyo cilindro contiene, además de la excéntrica, el propio motor eléctrico, con lo que se elimina el uso del eje flexible para transmitir la potencia, pero este tipo debe tener por lo menos 2 pulgadas de diámetro (generalmente se usan para consolidar concreto de masa). Por ultimo en los vibradores de aire comprimido, el motor esta generalmente dentro de la cabeza de la aguja y requieren menos partes móviles que los otros.

Vibradores de Concreto



Su uso se recomienda cuando se dispone de compresoras en el equipo regular de las obras.

Vibradores exteriores.-

Este tipo de vibradores se fija a los moldes o encofrados y producen vibración de las caras, que se **trasmite al concreto**. Actúan por efecto de rotación de un núcleo interior con un peso excéntrico, que produce un movimiento armónico. La frecuencia, según sean eléctricos o neumáticos, puede variar desde 3600 a 12000 vibraciones por minuto. Este tipo de vibradores se usa también para operar las **reglas vibratorias**, que sirven para consolidar el concreto de los pisos y losas y para las **mesas vibratorias**, en las cuales se elaboran elementos prefabricados de concreto, como bloques, cajas, ductos, etc.

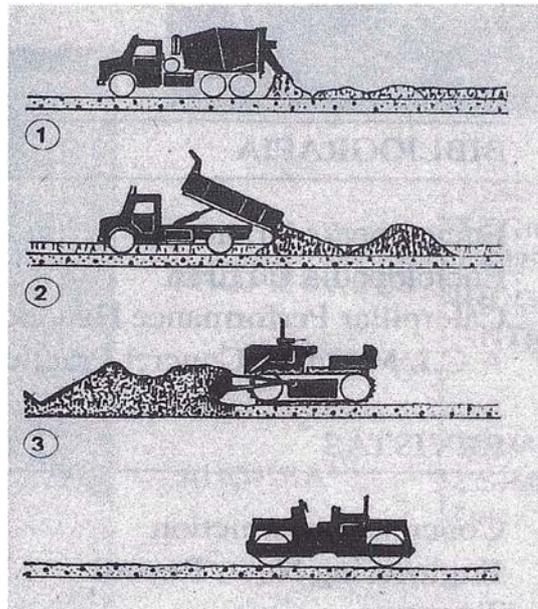
4.4.3.8.2.3. Vibración y rodillado

Cuando se trata de elementos horizontales como pavimentos y veredas, o en el caso de concreto de masa en presas de gravedad, en los últimos años se ha venido introduciendo la técnica de concreto consolidado por rodillos.

Esta tecnología, cuyo origen no esta muy dilucidado, ha sido usado son mucha frecuencia por los ingenieros rusos y posteriormente se ha extendido hacia occidente. En el Brasil ya existe consistente experiencia en la construcción de presas.

El CCR (Concreto compactado por rodillos) es un material seco que se consolida por vibración externa con rodillos vibratorios. Tiene consistencia rígida para soportar el peso del equipo de rodillado, pero su diseño debe contemplar el suficiente volumen de pasta para distribuirse en toda la masa bajo la vibración externa. **El asentamiento o "slump" es cero** en la prueba del cono de Abrams, lo que da un rendimiento extraordinario del cemento, que llega a ser del orden de 50 kilos por metro cúbico (el concreto convencional, con $f'c = 140 \text{ Kg./cm}^2$ puede tener fácilmente un contenido de 240 Kg./m³), el secreto proviene en que el rodillado puede eliminar una parte sustancial del aire entrampado en la masa, reduciendo el remanente a tan solo 1 o 3 %, mientras que el concreto convencional puede tener, según los casos, de 3 a 6% o mas de aire remanente.

Muchas son las **ventajas de CCR**, en cuanto a la simplicidad del equipo, que se limita, a una mezcladora de flujo continuo, camiones para transporte el concreto a la obra y rodillos autoportantes, además de las grandes economías con respecto a presas de enrocado o de concreto convencional. Desde luego, no se puede usar el sistema para losas de piso u otras estructuras livianas, porque no podrían soportar el peso de los rodillos. En cambio el método resulta muy económico y practico para el parchado de pavimentos de concreto, usando rodillos vibratorios pequeños



4.4.3.9. Equipo para encofrado de concreto

Al final después de tener los agregados necesarios, preparado el concreto y el correspondiente transporte, este termina

depositándose en los **moldes** preparados ya sean placas, columnas, losas, etc. Para esto son los llamados

encofrados, que pueden realizarse de madera, metal u otro material correspondientemente arriostrado para soportar las **cargas propias** y de empuje del concreto en su proceso de **curado** y permanencia.

Tradicionalmente se utilizan los encofrados de madera con arriostres suficientes y fijos, actualmente se esta utilizando con mayor frecuencia los encofrados metálicos para toda obra

4.4.3.9.1. Encofrado metálico.-

El sistema de encofrados metálicos esta conformado por elementos metálicos de **tamaños estandarizados**, que son eficaces en construcciones de grandes áreas de concreto o en obras que tienen elementos repetitivos o estandarizados, de acuerdo a las necesidades de una obra en particular los sistemas de encofrados metálicos se adecuan, en nuestro medio las empresas los ofrecen en alquiler y en venta, las patentes son extranjeras, por lo que todavía sus costos son relativamente altos a comparación de niveles internacionales en las que la oferta supera la demanda ya que se viene usando mas de 25 años.



El número de componentes de este sistema, así como la **versatilidad y adaptación** a cualquier estructura, en cuanto al montaje y desencofrado, son los factores que priman en la elección de una u otra empresa que brinda este servicio, ya que esto incide en el costo de alquiler o venta y así mismo en la facilidad de ensamblaje con el correspondiente menor costo de mano de obra.

Las ventajas de este sistema son:

- **Menores tiempos** de ejecución de obra, por lo mismo **ahorro indirecto** en acabados.
- No requiere **de mano de obra especializada**, ni de herramientas especiales.
- La calidad de acabado en las superficies es **lisa y homogéneas**, con una alta precisión en obra.
- Permite trabajar con **mayores luces y cargas de concreto**.
- Tiene **incorporados** elementos e seguridad y andamios.
- Pueden ser montados con cuñas, son **compactos**, facilitando su almacenamiento y transporte.
- Se debe tener en cuenta un prolijo estudio de la aplicación de estos encofrados de acuerdo a los planos lo cual favorecerá una **mayor programación** y coordinación, asimismo para elegir la **empresa** que sea la mas conveniente.

4.4.3.10. Equipo para demolición de concreto.

4.4.3.10.1. Demolición

Hasta aquí he tratado las herramientas y equipos que tiene que ver con el concreto desde la extracción de los materiales para la producción del mismo hasta su colocación final en los encofrados, ya sean rústicos como de metal, pisos, y otros, por lo que tenemos que tocar también las maquinas que se utilizan actualmente para la demolición del concreto.

En nuestro medio para la demolición de inmuebles, ya sean que se encuentran en mal estado, o para edificar edificios o complejos (actualmente se están realizando demoliciones de casas grandes o edificios de baja arquitectura para edificar complejos o edificios de calidad, máxime si se encuentran en zonas de alto valor potencial, esto es por las modificaciones en las



densidades y zonificación por parte de los concejos distritales), se realizan en forma tradicional utilizando la mano de obra con pesadas combas de 12 a 15 lbs, y en el mejor de los casos con golpes de los cargadores frontales que se utilizan también para el carguío a los volquetes, por lo que debemos tener en cuenta que el desarrollo de la actividad d los trabajos de demolición exige equipos eficaces y versátiles capaces de fragmentar y seleccionar "in situ" la mayoría de los elementos procedentes del derribo.

Hoy en día con los modernos equipos de demolición cada vez mas silencioso, efectivos y selectivos, es posible, en muchos casos fragmentar "in situ" las partes mas voluminosas de las estructuras abatidas; separar y cortar al tamaño deseado las vigas y armaduras metálicas de refuerzo del concreto armado, seleccionar y apartar todos los elementos de madera, esto se logra también para enviar concreto machacado para centrales de prefabricados o bien escombros triturados para relleno de zumbases en obras viales.

La presencia de estos equipos en nuestro medio considero serán en el breve plazo por las siguientes razones.

La industria de la construcción esta desarrollándose en forma creciente, por lo que esperamos que la fisonomía de la ciudad cambie, a la par que los cinturones de áreas industriales van a ser derruidos y prontas a urbanizarse en grandes complejos.

El uso de equipos siempre va acompañado de que este sea cada vez mas versátil, realice varios trabajos, se pueda operar a distancia y tenga seguridad.

En el devenir de la construcción se dará uso al reciclaje de materiales como el concreto por lo que el propio equipo de demolición tendrá que hacer este papel.

Las exigencias ambientales de respeto al entorno próximo de una demolición hará buscar soluciones para que los trabajos sean más silenciosos.

4.4.3.10.2. Hidrodemolición

Dentro de este rubro aunque poco conocidas en nuestro medio están las hidrodemoledoras, que son equipos que emplean chorros de agua controlados a altas presiones (hasta 1000 bar) para la demolición y/o remoción de zonas de concreto deterioradas, la principal ventaja de estos equipos, es la casi nula vibración durante la rotura y eliminación del concreto dañado tanto en la propia zona a tratar como en las colindantes, así mismo el acero de refuerzo queda intacto.

En nuestro medio se utilizan los martillos neumáticos (que producen vibración) o el método tradicional de la comba y las puntas y cinces.

El método de hidrodemolición cuenta en la actualidad con equipos, tecnología y seguridades harto probadas para aplicarse en los trabajos de eliminar cuidadosa y efectivamente el concreto dañado tanto en superficies horizontales (tableros de puente, pistas en aeropuertos, carreteras, suelos industriales, etc.) como en verticales (pilares y otras zonas de puentes, paredes en presas, túneles, pasos a desnivel, subterráneos, etc.).

Este método no produce nuevas grietas en el concreto, los chorros de agua producen efectos distintos como:

Impactos directos para eliminar los trozos sueltos.

Aplicación de presión sobre grietas existentes, ampliándolas y saneándolas.

Cavitación, para causar presión dentro de los poros del concreto, originando fuerzas de tensión y dando lugar al craquelado de zonas de material en disposición de degradarse un tiempo más adelante

Con el método solo los materiales rotos y porosos son eliminados con lo que se esta ante un sistema de trabajo destructivo de naturaleza **auto selectiva**, muy importante para las estructuras a rehabilitar.

Después de utilizar el hidrodemoledor la superficie que queda tiende a ser **más áspera** que la que se consigue con martillos convencionales, lo cual ayuda a formar una junta más fuerte con el concreto nuevo.

Una de las limitaciones de este equipo es la temperatura ambiental, que no debe ser **menor que 0** grados centígrados ya que se usa agua, y esto supondría riesgos para el hormigón, acero de refuerzo y también para el equipo.



Este modelo de hidrodemoledora de Conjet demostrando su posibilidad de rehabilitar zonas de hormigón en mal estado en planos vertical y horizontal.

4.4.3.11. Criterios y consideraciones seleccionadores de equipo:

En este capítulo 4.4.3. se ha tratado todo lo referente a herramientas y equipo para concreto, desde el equipo para la extracción de agregados (componentes del concreto, equipos para el mezclado, transporte, bombeo, compactación, encofrado y por último la demolición del concreto, en cada uno de estos ítems se han mencionado las posibilidades de uso de diversos equipos, los mismos que en el capítulo 8 (anexos) se determinan sus normatividades, capacidades y rendimientos.

Los criterios para seleccionar el equipo adecuado en cuanto a concreto deben ser:

- Debemos tener en cuenta que la preparación y fabricación del concreto depende del procedimiento y las medidas adecuadas necesarias para obtener el mayor rendimiento de cada uno de los ingredientes del concreto, porque con el mismo costo o cantidad de cemento y sus componentes podemos tener concretos deficientes o de buena performance.
- Para que el Arquitecto tenga pleno conocimiento del mejor procedimiento y uso de las herramientas y máquinas idóneas, debe conocer el comportamiento de cada elemento que incide en el concreto, tales como el agua, la dosificación, la segregación, etc., los mismos que se han definido en páginas anteriores y que deben servir como introductoria al profesional interesado para analizar, investigar y profundizar el tema, parte importante para la elección del procedimiento y equipos a utilizar.
- Como he mencionado se debe prohibir e impedir el mezclado de concreto con el sistema manual, pues este no ofrece ninguna garantía de calidad.
- Para la elección del tipo de mezcladora, se debe tener en cuenta los volúmenes de concreto a vaciar, la programación de vaciados, la resistencia del concreto, las distancias del vaciado y la disponibilidad de infraestructura.
- En obras de pequeña envergadura y para vaciados alternados en los cuales depende una partida anterior para el vaciado, se debe contar en obra con una mezcladora tipo trompo de 3 pies cúbicos en condiciones operativas y un trompo de las mismas características como repuesto, contando para estos vaciados siempre con por lo menos un vibrador de 4 HP de 1 1/2 "a gasolina.
- En obras de mediana envergadura se debe contar con por lo menos una mezcladora de tambor de 30 HP, con capacidad de 16 p3, y por lo menos una mezcladora tipo trompo de 18 HP de 7 p3, para esta conformación es necesario contar con 2 vibradores de 4 HP, con cabezales de 1 1/2" y de 2".
- Aun así para vaciados de losas aligeradas de más de 150m² es aconsejable recurrir a las mezcladoras móviles, con su correspondiente equipo de bombeo, para estos casos se debe calcular el volumen exacto de concreto, para no incurrir en desperdicios innecesarios.
- Cualquiera sea el tipo de mezcladora la carga deberá tener una secuencia razonable para mejorar el comportamiento de la máquina. En primer término, se comenzará por echar el agua de forma que esta continúe entrando cuando se inicie la carga de los agregados y del cemento, y la cantidad total de agua deberá terminar de echarse durante la primera cuarta parte del tiempo total de mezclado de cada tanda. El cemento debe echarse con los otros ingredientes pero deberá procurarse que no entre primero en la máquina para evitar que se pegue al tambor.
- El tiempo de mezclado depende del tipo de máquina y las especificaciones del fabricante. No obstante, se recomienda un minuto para una yarda cúbica de capacidad y un cuarto de minuto más para cada yarda adicional. Para una calibración más precisa del tiempo del mezclado, el método más adecuado se podrá determinar después de hacerse pruebas con concreto fresco de ensayo para

comprobar las mejores condiciones de obtener una mezcla acorde con las normas de calidad del concreto diseñado (Slam), contenido de aire, temperatura del concreto.

- A cualquiera puede sucederle (y en efecto sucede con cierta frecuencia) que en medio de una llenada de concreto se malogre la mezcladora y quede una significativa mezcla en el interior. Mientras el concreto permanezca en estado plástico, será fácil retirarlo del tambor de la mezcladora, pero puede suceder que no haya en ese momento quien haga ese trabajo. Para impedir la fragua del concreto y facilitar su remoción posterior del interior del tambor, puede utilizarse compuestos químicos que se recomiendan para el lavado de las concreteras y a falta de ellos una receta casera es el uso de **azúcar** que añadida a la mezcla impide su endurecimiento. Se evita de esta manera el trabajo en los días siguientes, de utilizar puntas y cinceles de acero para romper el concreto endurecido.

4.4.4. HERRAMIENTAS Y EQUIPO PARA OFICIOS DE OBRA:

4.4.4.1. Introducción

La labor de los operarios de obra (parte importante de toda obra), sean albañiles, carpinteros, herreros o de otros oficios es en su mayor parte artesanal, ya que consiste en convertir los materiales naturales en formas útiles, según los diseños o como se especifique en los planos. Por eso, las herramientas e instrumentos de que se valen son manuales, con muy raras excepciones, entre ellos a los que se han adicionado motores ya sean eléctricos o de combustión interna, bastante simples, para los cuales se requieren de habilidades especiales.

Es por este trabajo casi artesanal que una de las principales preocupaciones que deben tener los operarios es la de mantener las medidas, ángulos y cotas previstas en los planos, lo que se traduce en el uso de una serie de útiles y herramientas para ese control.

Este rubro podemos clasificarlo en:

Albañilería
Carpintería
Herrería y Mecánica

4.4.4.2. Albañilería.

Los instrumentos que usan los albañiles para las diferentes tareas de su oficio difieren en cierto modo de un país a otro, pero en líneas generales cumplen similares funciones.

4.4.4.2.1. Trazo y medidas.

Los instrumentos de albañilería para trazos y control de medidas comienzan con los **cordeles**, de varios diámetros, que sirven para alinear las hiladas de ladrillos, los encofrados o cualquier otro tipo de elemento constructivo y para marcar en el piso o en los muros los trazos de la construcción, impregnándolos previamente con tiza o con polvo de ocre. **La plomada** comprueba la verticalidad de los elementos y sirve para trasladar puntos de trazo en el sentido vertical. **El nivel de albañil** verifica la horizontalidad de las hiladas y de los pisos y losas. **El escantillón** es una regla, generalmente de madera pulida, en la que se marcan los puntos precisos que deberán trasladarse a obra en cuanto a



altura de las hiladas de ladrillo o cualquier otra dimensión prefijada. Por último, para las medidas utilizan las **winchas**, manuales, que pueden ser metálicas (de 1.50m hasta 7.50 m). O para uso entre dos personas (desde 10.00m a 50.00mts), de metal, tela o lona plastificada. Por último, son muy útiles las **escuadras**, hechas de madera o metal, que sirven para comprobar o trazar los ángulos rectos; y las **reglas**, metálicas o de madera, con las que se trazan líneas rectas sobre muros o pisos, que además sirven para la precisión de tarrajeos, o la nivelación de los pisos de concreto.

4.4.4.2.2 Preparación de mortero o yeso

El trabajo del albañil es como hemos visto desde el trazo, la preparación de mezcla, el uso de ella y los acabados de obra, para preparar su mezcla utilizan una **batea** (normalmente una por cada albañil). Por lo general fabricada de madera de una pulgada y media de espesor, el uso más común es de bateas cilíndricas que las hacen cortando la parte baja de cilindros de petróleo. En otros países es frecuente el uso de bateas de plástico. Cualquiera que sea el material de que están fabricadas o el diseño particular de las bateas, en ellas se vierten los agregados, el cemento y el agua para hacer el **mortero** que servirá para asentar ladrillos o para los revestimientos. Igualmente, en las bateas se prepara o "**tiempla**" el yeso puro que se usa para enlucido de cielorrasos.

El albañil realiza el mezclado de los materiales en la batea mediante **paletas o badilejos**, que son láminas de acero con mango de madera, aunque algunos comienzan la operación con una **lampa**. Las paletas sirven también para manipular el mortero en la colocación de los ladrillos o en los revestimientos. La forma práctica de efectuar estas operaciones es cargar una cantidad de mortero (o de yeso en su caso) en una plancha rectangular de madera, que se sostiene con una plancha de ángulo, con una asa de madera, y en ese mismo instrumento se recibe el material que sobra de la operación.

La **plancha de madera o frotacho** sirve también para lograr el acabado del enlucido o tarrajeo de los muros, y la **plancha metálica o plancha de empastar** (llana, en España), se emplea para allanar los enlucidos de yeso y también para lograr revestimientos pulidos de mortero.

Además de los agregados, el agua es parte principal para el mezclado, el cual se almacena en cisternas de ladrillo con mortero pulido, los cuales se llenan de la red general o por camiones cisterna, de allí los ayudantes recogen el agua para el mortero con **latas**, descritas anteriormente.

Para el corte o cambio de forma de los ladrillos y adecuarlos al espacio que necesitan, se utilizan las **picotas**, que tienen por un lado un mazo cuadrado y por el otro un filo cortante, hay también máquinas **cortadoras de concreto**, en base a un motor eléctrico o con un mecanismo pedal, tipo "afilador" que hace circular un disco de carborundum, que se usa para cortar ladrillos, losetas, mayólica o tejas, estas cortadoras sirven también para hacer juntas en los pisos, actualmente las reparaciones de las pistas de concreto o asfalto así como las veredas las realizan con **máquinas de corte de concreto** para separar las partes a refaccionar o para abrir zanjas para el cambio o reposición de tuberías de agua, desagüe, energía. Estas se encuentran de diverso tipo y capacidades de acuerdo al trabajo a realizar.



4.4.4.2.3 Revestimientos

Los especialistas en revestimiento de muros con mayólica, azulejos o cerámica, utilizan **cortadoras manuales de diamante** con las que rayan las piezas y **tenazas** para terminar el corte, en España se les llaman **alicates**, de allí el nombre de **alicatar** a este proceso de revestimiento, también se usan las **cortadoras de cerámico manuales** con regletas y base fija, para trabajos de cantidad o en serie es mejor asistirse de un **cortador eléctrico** con mesa de metal y cortador de disco de diamante, la elección de este tipo de cortador será en base al disco de diamante y al sistema de refrigeración del disco.

Para realizar agujeros en cerámica como por ejemplo el del inodoro se usa un **taladro con broca de diamante** (de diámetros variables), además de **una guía** (como se muestra en la figura), se debe tener especial cuidado en la refrigeración de la broca circular, actualmente se cuenta con un sistema para realizar agujeros en la cerámica patentada por un inventor peruano que es a base de utilizar un perforador y material abrasivo.

Para los trabajos de albañilería, como para los de otras ramas de la construcción, los cortes y perforaciones en muros, pisos, y techos se hacen en la forma más simple con las **puntas** y **cinceles**, que son herramientas de acero terminadas en punta o en filo, que se utilizan con picotas o **combas**, las combas más usadas tienen 4, 8 y 16 lbs, según el trabajo que tengan que hacer. Las pequeñas las usa un operario y las grandes generalmente entre dos personas.

Así también en el trabajo corriente el albañil usa la **brocha**, que sirven para ir limpiando las superficies terminadas y en el caso de los muros solaqueados o los de cara vista, para rematar las juntas.



Cuando se realizan trabajos de piso de concreto, es usual dejar juntas para evitar rajaduras por contracción, este acabado se hace redondeado para que no se despostillen, y esto se logra usando las **bruñas** ya sean **de canto**, para los filos exteriores, como las **de centro** para los filos entre dos paños, Actualmente se usan para los grandes paños de concreto los llamados **estampadores** de metal o de caucho resistentes, que simulan losetas, piedras, acabados de diversa forma, y que se aplican cuando el concreto está en proceso de fragua.

Actualmente existen máquinas que realizan las bruñas con cortadores de disco de menor diámetro de carborundum, accionadas por un operador con mínimo tiempo.

Otro acabado de pisos en el cual se utilizan herramientas especiales, es el **martelinado**, que consiste en un tarrajeo efectuado con cemento arena y granalla de mármol, que se deja secar y que luego se descascara con un martillo especial llamado martelina, cuyas caras tienen pequeñas puntas, una variante de este acabado es el sistema de concreto

lavado, que consiste en un tarrajeo de cemento, arena, agregado menudo, que se lava con una **brocha** cuando esta en proceso de endurecimiento.

Cabe mencionar una modalidad de trabajo en yeso para realizar **molduras**, la cual esta casi ya fuera de uso, esto es un acabado entre pared y techo, fijando reglas en ambos lados y corriendo una **tarraja**, que tiene el perfil a moldear dibujado en latón, en el Perú todavía existen maestros que realizan estos trabajos.

4.4.4.3. Carpintería

La carpintería de obra es de dos tipos, la de los **elementos temporales** o auxiliares, como encofrados, andamios, rampas, barandas de protección, construcciones provisionales, almacenes, talleres y otros, que tiene mas un sentido estructural y terminado rústico, y la **carpintería de acabados** que comprende las puertas, ventanas, escaleras y muebles empotrados(closets, reposteros, etc) que requieren de un acabado fino.

El primer tipo se trabaja inevitablemente en obra, en cambio la carpintería de acabados, puede hacerse en el taller, carpintería de obra o encargarse a empresas especializadas.

En cuanto a las herramientas, es difícil distinguir cuales se usan en cada caso, y por eso solo las enunciare de modo genérico.

El corte de madera se hace utilizando **sierras circulares**, fijas o portátiles o **sierras de cinta**, que sirven para hacer cortes curvos, ambos tienen herramientas movidos por motores eléctricos. Las herramientas manuales de corte son de acuerdo al tamaño, las **corvinas**, que se manejan entre dos operarios y sirven para trazar troncos o cuartones muy gruesos; y los **serruchos**, combinados de una hoja de acero con un mango de madera de diversa forma, según el tipo de corte que se quiera hacer.

Para los trabajos temporales como el encofrado se utilizan las **barretillas o diablos**, que son unas barras de acero que en su extremo tiene un filo y en el otro terminan en forma de una cabeza de ganso con uñas para sacar clavos.

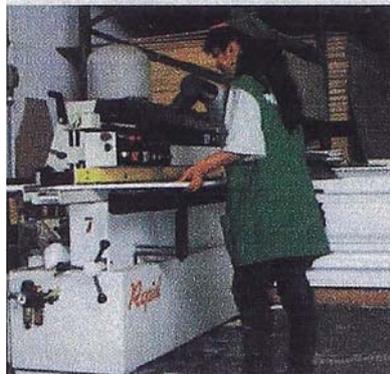
El acabado de las tablas se da mediante el uso de **cepillos**, mecánicos o manuales. Entre estos últimos hay múltiple equipos, de acuerdo con el trabajo específico, como la **garlopa**, o **garlopín** y los **caladores**. Hay también **lijadoras**, manuales o mecánicas y **escofinas** para limar; **taladros o berbiquies** para perforar; **Formones** de diverso tamaño para desbastar la madera usándolo en combinación con un mazo de madera; **Azuelas** para hacer desgaste de la superficie, de manera de obtener apariencia rústica. Uno de los instrumentos básicos de la carpintería es el **martillo de carpintero** que tiene una cabeza metálica con maza para clavar en un lado y sacaclavos en el otro.

Los trabajos de carpintería, como los de herrería, se realizan en **bancos**; y que son, generalmente para los carpinteros de madera o de metal, en los cuales se colocan la **sierra circular**, y un sistema para **perforación** con brocas para uso de diverso tamaño. Así también existen los bancos de metal con un sistema de cuchillas llamados **garlopas** para suavizar y eliminar imperfecciones a la madera. Elemento importante es el **nivel de carpintero** que puede ser de madera o de metal, con burbuja de aire. Además el **gramil**, que es una pequeña regleta manual para trazar una marca paralela a un lado de la tabla que se va a trabajar, así como el **compás de punta seca**, para trasladar distancias, otros aditamentos de oficio son las **sargentas** que son unas prensas que sirven para sujetar una pieza a otra firmemente mientras seca la cola.

Actualmente existen maquinarias que tienen la facilidad de cortar los elementos con precisión exacta ya que son **equipos computarizados** que sirven para cuadrar los moldes de madera especialmente para puertas en serie y desarrollan una producción de volumen con formas simples y **maquinaria computarizadas** para realizar molduras con rapidez y exactitud vertiginosa, en nuestro medio todavía no se trabaja con estos equipos, solo se están utilizando para cortes con materiales aglomerados tales como **la melamine** que se requiere de exactitud ya que tienen la facilidad del rápido montaje.



Dimensionado de planchas a su medida



Colocación de tapacantos

4.4.4.4. Herrería y Mecánica.

En obras de cierta importancia es necesario disponer de **un taller de herrería**, para habilitar ciertas piezas metálicas o para restablecer la punta o el filo de ciertas herramientas. Los elementos básicos tradicionales que se siguen usando **son la fragua y el yunque**. La primera es un recipiente en forma de plato fabricado con hierro fundido, en el que se produce el calor que ablanda los elementos de hierro. Generalmente se usa **carbón mineral** que se mantiene encendido por medio de **un fuelle**. Las piezas calentadas al rojo se sujetan con tenazas de herrero y se trabajan con **martillo de herrero**. El uso más frecuente es el de afilar las puntas y cinceles; así como las barretas; pero también se trabajan a la fragua las rejas y otros elementos de carpintería metálica.

Para unir elementos de hierro es necesario disponer **de equipos de soldar** que describiré en el capítulo de equipos auxiliares.

Los trabajos de herrería, así como las de otros oficios, se hacen sobre bancos especiales, que son unas mesas rústicas muy sólidas apoyadas en caballetes y cubiertas con tabloncillos de dos pulgadas de espesor. En un extremo se coloca un tornillo de banco, que sirve para sujetar las piezas mientras se trabajan, los tornillos son mordazas de hierro que se sujetan dando vueltas a una palanca manual, existe en el mercado diversidad de modelos de banco, según el tipo de trabajo a realizar.

La herrería y la mecánica están íntimamente ligadas, en ellas se utilizan herramientas comunes como la **sierra de arco** o como la **sierra mecánica**, para cortar las piezas; los taladros manuales o los taladros mecánicos para hacer perforaciones, el acabado de las piezas y la limpieza de asperezas que quedan después de la fragua o de la soldadura se efectúan con **esmeriles** que pueden ser mecánicos con motor o manuales, o se usan **limas** de diverso tipo como las redondas para agujeros, las triangulares y otras planas de grano grueso y delgado.



Motosoldadoras insonorizadas de 170 a 600 Amperios

Generadores de aire caliente Thermobile, para secado de obras y calefacción

Las planchas de acero de reducido espesor se cortan **con cizallas**, las mismas que se utilizan para las varillas de construcción, platinas o perfiles, también se cortan las planchas especialmente las muy delgadas de acero o de latón con **tijeras**.

El doblado de las varillas de construcción se hace en un banco con pines de acero que dan la forma del dobles, aunque en trabajos mas grandes es conveniente usar dobladoras que utiliza la fuerza de un motor eléctrico, sobre todo cuando se trata de varillas de espesores mayores, la sujeción de los fierros entre si se hace por medio de alambre de acero generalmente numero 16 utilizando el tortol, que en muchos países sobretodo en Europa como en EE.UU. se reemplaza con un alicate.

Últimamente se viene utilizando para labores de mecánica una serie de herramientas portátiles, como las **remachadoras**, que sirven para introducir tornillos o anclajes en las superficies de concreto o las engrapadoras que se utilizan para unir laminas de metal o planchas de madera o plástico con las estructuras de madera o metal.

La mecánica de la obra suele encargar trabajos a talleres particulares, que están equipados convenientemente con maquinas eléctricas como tornos, cepilladoras, prensas y otras.

Entre las herramientas mas usadas en las labores de mecánica se cuenta con las llaves Inglesas o francesas, que regulan la abertura mediante una cremallera manual.

4.4.5. HERRAMIENTAS Y EQUIPO PARA INSTALACIONES SANITARIAS.

Consiste en básicamente el tendido de redes de tuberías para agua y desagüe. Además de las herramientas necesarias para hacer la excavación de terreno o picar el suelo o las paredes, que ya han sido descritas en líneas anteriores y las sierras de arco con las que se cortan los tubos, se necesitan aquellas que fabrican las roscas de los tubos, denominadas **tarrajas**, que tienen dados intercambiables para los distintos diámetros. Las tarrajas se operan sobre los tubos sujetos al banco de trabajo, mediante **tornillos de banco o con llaves de cadena**. El ajuste de las distintas secciones de tubos con las uniones roscadas se hace con llaves **stillson**, que se ajustan y aflojan según la posición de la mano del operario.

4.4.6. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS PARA INSTALACIONES ELÉCTRICAS

Muy pocas son las herramientas para esta rama. Para hacer las conexiones entre alambres conductores, se usan: **Cortadores** para pelar los cables, **alicates y destornilladores** con mango aislante e instrumentos para medir el voltaje la intensidad y el aislamiento, como el **megometro**.

4.4.7. HERRAMIENTAS Y EQUIPOS PARA ACABADOS

Los principales acabados son: el pulido y el encerado de los pisos, y la pintura de todos los elementos. Los pisos de losetas venecianas pueden pulirse a mano utilizando **piedras especiales** con agua, o mecánicamente por medio de **pulidoras eléctricas**. Los pisos de madera se enrasan con **lijadoras**, que consisten en aparatos rotatorios provistos e lijas intercambiables, que disponen de bolsas para recoger el aserrín que produce la operación.

Antes de pintar se emporra y se cubren las imperfecciones de distinta clase con la masilla, usando una **espátula**. Para pintar la herramienta mas común es la **brocha**, de distintos tamaños y el **pincel** para los remates. Se pinta también con **rodillos** y con **soplete**, este último accionado por una pequeña **compresora**.

Otros tipos de acabados, como el laqueado de madera no requiere de herramientas especiales, porque la pintura se aplica con algodón o fieltro.

4.4.8. EQUIPOS AUXILIARES PARA OBRA

En muchas oportunidades, por su ubicación, la obra carece de algunos servicios esenciales como energía eléctrica, agua y otros, lo que obliga a procurar suministros autónomos. En el presente capítulo nos ocuparemos de los principales equipos auxiliares.

4.4.8.1. Grupos electrógenos.

Los hay de diferentes capacidades, tamaños y sistemas, cuando la necesidad de energía es reducida puede usarse los equipos portátiles, con motores de gasolina; para mayores demandas, los grupos con motores diesel son más prácticos.

Básicamente, los grupos electrógenos tienen dos elementos: **El motor** ya sea de gasolina, de gas o diesel, para producir la rotación del eje, **y el generador**, que convierte esa rotación en **corriente eléctrica**. Se complementa con un **tablero de información y mando** en el que se indica la variación de calidad de la corriente producida y donde están ubicados los mandos de arranque y parada.



4.4.8.2. Compresoras.-

Son bombas cuya función es la **de comprimir un gas o vapor**. Las de mayor uso son las que comprimen aire para operar los sistemas neumáticos de las vibradoras, las máquinas para romper pavimentos, los winches, los equipos de pintura, los inyectadores de cemento y el chorro de agua, etc.

Las compresoras son de dos tipos:

Rotativas y reciprocas.

La primera tiene un elemento giratorio que presuriza el aire mientras que la segunda funciona presionando el aire por medio del pistón en el cilindro. Cualquiera sea el tipo, las compresoras almacenan el gas comprimido en tanques, de donde sale una válvula para conexión de la manguera de uso. Tanto los tanques como las mangueras deben estar diseñados para soportar como seguridad la presión de trabajo del aire.

Ingersoll Rand
desde 185 hasta
1000 CFM.



4.4.8.3. Bombas.-

En construcción se usan principalmente para levantar el agua desde un pozo o recipiente hasta su lugar de utilización o hasta un depósito de distribución alto. Existen por cierto, otros usos de bombas como las que elevan **concreto premezclado** o las que se instalan en los sistemas sanitarios para bombear desagües y lodos para rellenos.

Las bombas son de muy variado diseño, pero las de uso corriente en construcción se limitan a los tipos **de pistón y centrifugas**. Para pequeñas alturas de succión, correspondientes a presiones menores a una atmósfera, las bombas se instalan en la superficie del terreno o muy cerca de ella. Cuando se trata de bombas de pozo profundo, los elementos de bombeo que forman una batería de impulsores se instalan en el fondo del pozo, aunque los motores se ubican en la boca. La potencia de giro se transmite por un eje vertical formado por vástagos unidos mediante acoplamientos.

4.4.8.4. Equipos para unir metales.-

Cuando se quiere unir firmemente dos piezas de metal se puede recurrir a procedimientos de **empernado, remachado o soldadura**. El uso de pernos y tuercas es necesario, especialmente, cuando se trata de uniones que puedan desarmarse para efectuar reparaciones o cambiar repuestos. Para ello, las piezas deben haber sido previamente perforadas de manera que coincidan los agujeros en una y otra.

El remachado es una técnica muy antigua, que se ha usado (y se sigue usando) en la construcción de edificios de estructura metálica o en los cascos de los barcos, y consiste en hacer pasar los remaches, calentados al rojo, por agujeros perforado de antemano para formar una cabeza semiesférica que une las dos piezas mediante maquinas remachadoras que funcionan por golpes fuertes y repetidos. Las remachadoras pueden ser **eléctricas o de aire comprimido**.

El método mas usado para unir metales es la **soldadura**. Cada metal, como el hierro, el aluminio, el cobre, la plata y el oro, tiene un tipo diferente de soldadura. Pero como estamos viendo lo referente a la construcción, lo que más nos interesa es la soldadura del acero. Ella consiste en la aplicación de calor combinado con presión, con un metal de relleno o sin el. El proceso se basa en la fusión del borde de las piezas que se sueldan por efecto del calor, a alta temperatura, que al enfriarse forman **una junta metalúrgica**.

Entre los procesos para soldar esta la **soldadura de arco eléctrico**, en donde se induce un arco entre un electrodo y el trabajo a soldar, el electrodo es una **varilla metálica** revestida que se derrite con el calor y forma el relleno que une los dos metales. Existe una gama muy variada de electrodos según el tipo de metales y la clase de soldadura que se busca.

La soldadura de gas es el procedimiento por el cual la fusión de los metales se hace quemando acetileno con oxígeno puro, lo que da una llama que alcanza los 3,600 grados centígrados. El calor se logra por medio de una antorcha o soplete de oxiacetileno, que también sirve para cortar piezas de acero de espesor considerable.

La soldadura en general es una **operación riesgosa y delicada**, los operarios deben protegerse contra la emanación de gases y el fuerte resplandor sobre la vista. Por ello los maestros soldadores usan guantes, mascarar, cascos y pantallas opacas en lentes especiales.

A pesar que cada día se perfeccionan las maquinas de soldar y se convierte el personal en mas experimentado, siempre en trabajos de calidad o estructuras sometidas a fuertes cargas o tuberías que soportan grandes presiones o uniones en puentes metálicos, la soldadura con sus elementos debe ser motivo de varias comprobaciones, entre ellas la mas segura es la **de los rayos X**, a todo lo largo de los trabajos para descartar pequeñas cavidades o uniones defectuosas.

Por ultimo no debemos dejar a de mencionar al **pequeño cautil** que es una especie de mini soldadura que cumple la función de soldado de conductores en los extremos de las piezas generalmente con estaño o plata.

**Eléctricas
inversoras**
Trifásicas de
300 y 400 amp.

Motosoldadoras
Diesel de 300 y 400 amp.
y gasolineras de 200 amp.



5. SISTEMAS DE SEGURIDAD EN OBRA

Este tema se ha centrado en el uso de las herramientas y maquinarias para la construcción, ya sea tanto las conocidas como las nuevas que han invadido el mercado y que para muchos **Arquitectos y profesionales** ligados a la construcción así como para los obreros **es desconocida**, por lo que no podemos negar la vital importancia y la estrecha relación que existe entre ellas y la seguridad, ya sean obras pequeñas como en las medianas y grandes, la **seguridad es parte importante** de la preocupación tanto de los contratistas como de los entes participantes, mas aun en la época actual por la presencia de maquinaria nueva algunas sofisticadas, que si bien sirven para aligerar los trabajos también son de por si un peligro latente si no se toman las precauciones necesarias, ya que su mal uso puede ser causas de accidentes, por lo que me parece importante tratar de manera genérica el problema de la seguridad en las construcciones, teniendo en cuenta que el profesional a cargo de cualquier obra debe ser el primero en respetar las normas de seguridad y por ende hacerlas cumplir, en otros países **existen profesionales dedicados** completamente a este tema.

Desde luego, en unas cuantas líneas no puede resumirse lo que generalmente se expone en extensos reglamentos o textos especializados, pero considero necesario, cada vez que se pueda llamar la atención acerca de la formación de una **conciencia de seguridad del trabajo**.

Si la seguridad es una precaución elemental en todo centro de trabajo, en la construcción resulta especial y doblemente necesaria, ya que en la mayor parte de las tareas se presentan grandes riesgos no solamente por el trabajo que cada uno pueda ejecutar sino también por la **multiplicidad y congestión de tareas, personas, maquinas y vehículos**. En una obra de construcción, por eso, **no basta que uno se cuide de no cometer errores peligrosos, sino también es necesario evitar ser dañado por el trabajo de otros**.

Los principales elementos de seguridad en obra están referidos a la vestimenta, casco protector en todo momento y circunstancia dentro del trabajo, guantes apropiados para cada tarea, anteojos de seguridad cuando se esta expuesto a cualquier tipo de arenas, chispas o esquirlas que pudieran lastimar los ojos, pantallas opacas para el uso de soldadura, mascararas respiratorias si se trabaja con polvillo, pintura o cualquier otra emanación nociva, botas de jebe para protegerse de la humedad, botas de seguridad, reforzadas con punta de acero, además de estos elementos los operario suelen usar fajas que ajustan el vientre y protegen la columna vertebral, practica muy saludable.

Respecto a lo consignado en el párrafo anterior y a pesar de que nadie podría dudar de lo razonables que son las recomendaciones y usos de elementos protectores, la experiencia **es muy negativa en el Perú** y probablemente en muchos países en desarrollo, aparte del uso de las botas y el casco, resulta muy difícil obligar a los operarios a usar mascararas o anteojos protectores y casi nadie usa guantes y menos los zapatos reforzados para trabajar; como resultado el numero de obreros heridos es grande, sin que las leyes establezcan adecuadas compensaciones por parte de las empresas, quienes en ultima instancia son los responsables.

Aparte de las medidas de seguridad relacionadas directamente con cada trabajador, hay otras relativas a la previsión sistemática de accidentes; en términos generales, la primera medida de seguridad en una obra es **mantenerla permanentemente limpia**, pues los desperdicios esparcidos por todas partes son los mayores causantes de accidentes. Todas las maquinas y mecanismos usados en obra, así como las herramientas e

instalaciones, deben ser reiterada y profundamente revisadas para evitar fallas, los andamios y encofrados deben ser diseñados para soportar con seguridad las cargas de vaciado de concreto y del trafico de personal y medios de transporte, la abertura de ductos debe de cubrirse para impedir la caída de personas, debe prohibirse terminantemente el transito de personas por montacargas destinados a materiales, las maquinarias no deben trasladar personal, solo debe tener su respectivo operario, los obreros que trabajan en fachadas o en torres deben contar con cinturones y cuerdas de seguridad.

Es interesante analizar las estadísticas de accidentes de trabajo en la construcción llevada a cabo en diferentes países, y que sirven para establecer las normas de seguridad correspondientes, sin entrar en cifras, podemos indicar que las principales causas de accidentes son:

- Fallas en las maquinas por **mal mantenimiento** o por desgaste.
- Uso inadecuado de las maquinas o herramientas, a veces por ignorancia, descuido o exceso de confianza de los operadores.
- Caídas o golpes por transitar por **áreas congestionadas** de materiales o **desperdicios de obra**.
- Lesiones en la columna vertebral o en los pies por cargar o dejar caer objetos demasiado pesados.
- **Falta de preocupación** al manipular explosivos, sistemas de soldadura sierra o fraguas.
- **Exceso de confianza** al manipular líneas eléctricas vivas, sin contar con las herramientas convenientes aisladas o con suela de goma en los zapatos.
- **Descuido** de los operarios en el uso de los elementos de protección como cascos, anteojos, guantes y botas.

Uno de los factores mas frecuentes de accidentes y errores de trabajos en obra es **el cansancio** que resta facultades al operador para reaccionar oportunamente en ciertos casos. Debemos mencionar aquí que en la mayoría de los países desarrollados algunas tareas que requieren una constante atención de parte del operados, como el manejo de grúas y otras maquinas altamente especializadas generan altos riesgos, están sujetas a una legislación especial, que limita ese trabajo a un **máximo de 4 horas diarias**. Las estadísticas demuestran que una gran parte de los accidentes operando maquinas se producen por cansancio debido las largas jornadas de trabajo.

La seguridad no debe quedar restringida al **área de trabajo** sino debe también alcanzar a su entorno. Es por eso que se exigen las tolvas de protección en todos los pisos altos para recibir los materiales que pudieran caer a la calle y poner en peligro a las personas o vehículos que transitan por ellas. De igual manera, los dispositivos o chutes para arrojar el desmonte deben estar bien hechos y evitar que levanten polvo, cada vez que se hace limpieza.

La entrega y salida de camiones, así como el estacionamiento de carros concreteros, debe regularse de manera de molestar lo menos posible a los vecinos y evitar accidentes.

Finalmente el principio ya expresado de la limpieza de la zona de trabajo debe aplicarse extensivamente a la porción de la calle o calles correspondientes al frente o frentes de la obra.

6. EL EQUIPO Y SUS COSTOS DE OPERACION

6.1 Introducción

Este capítulo de costos de maquinaria, despertará **inquietudes en los profesionales** que se dedican a trabajar con maquinarias y costos, e **incentivar y crear por lo menos inquietud en los arquitectos** que no lo toman en cuenta, como consecuencia de estas inquietudes, se deja abierta la posibilidad de recibir nuevos aportes que permitirán en futuras ediciones perfeccionarlo. Manteniendo siempre los criterios de que el equipo debe responder no solamente a un rendimiento en el campo sino más bien a un resultado económico que justifique la inversión.

Entiendo que este informe, ayudara no solo a los profesionales que tendrán que vérselas con equipos y maquinaria sino también a los propietarios, que comprenderán que la maquinaria y equipo es un recurso con que cuenta el propietario y que debe a su vez tener un resultado económico a través de su operación que permita, por un lado, la conservación del parque de maquinaria en el país y, por otro lado, asegure la periódica renovación de los equipos, asimismo servirá para que el **estado reconozca el valor** de la maquinaria en las obras que licite.

La determinación del **costo real**, como concepto básico para fijar la metodología que permite que toda inversión en maquinaria y equipo sea susceptible de **recuperación**, ha constituido una preocupación constante para los propietarios de estos bienes así como para los usuarios de los mismos.

Con el propósito de brindar a los interesados en este tema **un marco genérico** de estructura de costo de maquinaria y equipo de construcción, tratare de analizar los diferentes parámetros intervinientes, a fin de que, sin menoscabo de su conformación, pueda ser asimilada a diferentes condiciones de trabajo

Para esta elaboración se ha considerado, como fuente principal. Los manuales técnicos que elaboran los fabricantes y proveedores, experiencias propias y experiencias de las diferentes empresas constructoras nacionales.

6.2. Generalidades

La maquinaria para la actividad de la construcción es uno de los **bienes de capital más costoso**; por ello, quien posee esta debe tener en cuenta el capital que ha invertido en su adquisición como un dinero susceptible de ser recuperado con una **utilidad razonable**, gracias al trabajo realizado por la maquina misma. Conviene resaltar que la recuperación del capital invertido con esa utilidad razonable, conlleva a que el valor de reposición de la maquinaria sea permanentemente actualizada a fin de evitar que, factores tales como la devaluación del signo monetario, no impida restituir la maquinaria usada una vez concluida su vida útil.

Así para lograr este objetivo, quien utilice una maquina para su trabajo o la de en alquiler, analizara concienzudamente los costos por operación, para de esta manera conocer con certeza la suma invertida en la labor ejecutada.

Existen varios métodos para calcular el costo probable de poseer y operar equipo de construcción pero ninguna de ellos **da resultados exactos**; siendo lo optimo, una buena aproximación al costo real. Las estadísticas de costos de equipos usados, por parte de las empresas constructoras, constituyen una buena fuente de información que debe utilizarse como guía cada vez que sea posible; pero nunca pudiéndose asegurar que dos maquinarias similares den los mismos costos de operación porque las condiciones de trabajo siempre son diferentes.

Entre los factores que afectan el costo de poseer y operar maquinaria de construcción, podemos enumerar los siguientes: costo inicial o valor de adquisición, valor de inversión medio anual, valor de salvataje, numero de años de uso y horas empleadas por años,

condiciones de trabajo, costos fijos (depreciación, interés del capital invertido, seguros, impuestos, almacenaje, mantenimiento y reparaciones) y costos variables (combustible, lubricantes, filtros y jornales).

Es importante indicar, asimismo, que para el análisis del **costo de hora-maquina** se debe considerar condiciones medias o promedio de trabajo; por lo que, cada vez que se esté analizando un proyecto de obra específico será necesario estudiar con cuidado las condiciones de las tarifas utilizando para ello la experiencia y el sentido común del arquitecto o ingeniero encargado de elaborar el correspondiente análisis de costo.

6.3. Costos de operación

Se define "costos de operación". De una maquinaria a la cantidad de dinero invertido en adquirirla, hacerla funcionar, realizar trabajo y mantenerla en buen estado de conservación, es decir que en este costo debe incluir los gastos fijos como son: el interés de capital invertido, seguros, impuestos, almacenaje, mantenimiento, reparación y depreciación y los gastos variables representados por los combustibles, lubricante, filtros y jornales.

Antes de analizar, en detalle, los gastos fijos y variables, definiremos algunos conceptos que intervienen en el cálculo del costo de operación que son necesarios conocer. Así tenemos:

6.3.1. Valor de adquisición de la maquinaria (Va)

Es el precio actual en el mercado y se obtiene pidiendo cotizaciones a las casas especificadas en ventas de maquinaria. En esta cotización. Esta incluido el precio de la unidad puesta en el puerto de embarque (FOB) mas los gastos en embarque, flete y desembarque en el puerto del callao (CIF Callao), pagos de derecho Ad-valorem, sobre tasa arancelaria, ley de promoción de exportaciones no tradicionales, impuestos generales a las ventas (de ser aplicable), derechos portuarios de almacenaje, seguros para bienes en tránsito, otros gastos conexos (cartas de crédito, garantías, etc.) y el transporte hasta el parque de maquinarias del propietario, entre otros.

6.3.2. Vida económica útil

La vida económica útil de una maquinaria puede definirse como el periodo durante el cual dicha maquinaria trabaja con un rendimiento económicamente justificable.

Asimismo, es conocido que a medida aumenta la vida y el uso de la maquina, la productividad de la misma tiende a disminuir y por ende sus costo de operación van en constante aumento como consecuencia de los gastos cada vez mayores de mantenimiento y reparación.

Así también, se produce con mucha mayor frecuencia averías en las maquinas que aumentan los tiempos muertos o improductivos reduciendo, por tanto, su disponibilidad de otras maquinas que se encuentran trabajando conjuntamente con ella; trayendo, como consecuencia, un atraso en el tiempo de ejecución de la obra.

El criterio de determinación de la vida económica, también llamado vida efectiva de una maquina, es el estadístico. En nuestro medio, y, en general, en toda América Latina, se carece de estadísticas nacionales de vida económica; por lo que, usualmente, se utilizan las elaboradas en Estados Unidos que difieren de la realidad nacional de cada uno de nuestros países. Es así que, en toda Latinoamérica, se presentan factores de orden económico, social y cultural que influyen en la eficiencia, productividad y economía de los trabajos de construcción, en general, por lo que consideramos que nuestros constructores tendrán que seguir practicas tendentes a efectuar estadísticas más fieles a nuestra realidad y a unificar la diversidad de criterios de vida económica existente en nuestro medio.

Para el cálculo de costos es necesario conocer la **vida económica útil** de las diversas maquinarias, la que se muestra en la tabla N° 1.

Para efectos de calcular al valor de inversión medio anual, depreciación, interés de capital invertido, seguros, gastos de mantenimiento y reparación, se considera en esta Tabla N° 1, dos columnas: en años (N) y en horas (Vehrs).

Generalmente, los manuales y libros técnicos estiman la vida útil en horas totales, criterio que compartimos; pero que para efecto de utilización en las formulas respectivas debe convertirse en años, que se estima en 2000 horas anuales de trabajo para maquinarias pesadas (un año de 10 meses, un mes de 25 días y un día de 8 horas); de 1500 horas anuales para equipos como motobombas; 1150 horas anuales, como promedio para el rubro de vehículos y 1000 horas anuales para equipos como martillos.

TABLA Nro. 1

VIDA ECONOMICA UTIL DE LOS EQUIPOS DE CONTRUCCION			
	DESCRIPCION	AÑOS	HORAS
		N	(Vehrs)
I	EQUIPO PARA PERFORACION		
I.1	Compresoras neumáticas de 125-800pcm	6	12,000
I.2	Martillo neumáticos	3	3,000
I.3	Perforadora sobre orugas	6	12,000
II	EQUIPO PARA MOVIMIENTO DE TIERRA		
II.1	Cargadores sobre orugas	6	12,000
II.2	Cargadores sobre llantas		
	De 1,5 y d3.- 3,5 y d3	5	10,000
	De 4.0 y d3.- 8.0 y d3.	6	12,000
II.3	Mototraillas		
	a) Autocargables		
	De 11 y d3 y 16 y d3	5	10,000
	De 23 y d3.	6	12,000
	b) Cargables		
	De 14 y d3.- 31 y d3.	6	12,000
II.4	Retroexcavadora sobre llantas	5	10,000
II.5	Retroexcavadora sobre orugas	5	10,000
II.6	Tractores sobre orugas		
	De 60 - 190 HP.	5	10,000
	De 190 - 240 HP	6	12,000

	De 270 - 650 HP.	7,5	15,000
II.7	Rippers	10	20,000
II.8	Tractores sobre llantas	5	10,000
II.9	Pala frontal	5	10,000
III	EQUIPO PARA REFINE Y AFIRMADO		
III.1	Motoniveladoras	7,5	15,000
IV	EQUIPO DE COMPACTACION		
IV.1	Compactador vibratorio	2	4,000
IV.2	Rodillo liso vibratorio autopropulsado	5	10,000
IV.3	Rodillo liso vibratorio de tiro	5	10,000
IV.4	Rodillo neumático autopropulsado	6	12,000
IV.5	Rodillo pata de cabra vibratorio autopropulsado	6	12,000
IV.6	Rodillo pata de cabra vibratorio de tiro	6	12,000
IV.7	Rodillo tandem estático autopropulsado	6	12,000
IV.8	Rodillo tandem vibratorio autopropulsado	6	12,000
IV.9	Rodillo tres ruedas estáticas autopropulsado	5	10,000
V	EQUIPO PRODUCTORES DE AGREGADOS		
V.1	Chancadoras primarias	10	20,000
V.2	Chancadoras secundarias	10	20,000
V.3	Chancadoras primarias - secundarias	10	20,000
V.4	Zaranda vibratoria	10	20,000
VI	PAVIMENTACION		
VI.1	Amasadora de asfalto	5	10,000
VI.2	Barredora mecánica	5	10,000
VI.3	Calentador de aceite	5	10,000
VI.4	Cocina de asfalto	5	10,000
VI.5	Planta de asfalto en frío	10	20,000
VI.6	Secador de áridos	10	20,000
VI.7	Pavimentadora sobre orugas	10	20,000
VII	EQUIPOS DIVERSOS		
VII.1	Fajas transportadoras	5	10,000
VII.2	Grupos electrógenos	6	12,000

VII.3	Montacargas	5	10,000
VII.4	Grúa hidráulica telescópica		
	a) Autopropulsado	6	12,000
	De 18Tn. - 9m	8	16,000
	De 35Tn. - 9.6m	8	16,000
	b) Autopropulsado montado sobre camión		
VII.5	Mezcladoras	4	8,000
VII.6	Motobombas	2	4,000
VII.7	Planta dosificadora de concreto	10	20,000
VII.8	Tractor de tiro	6	12,000
VII.9	Vibradores	2	4,000
VIII	VEHICULOS		
VIII.1	Camionetas	7	8,000
VIII.2	Camión cisterna	6	6,900
VIII.3	Camión concretero	6	6,900
VIII.4	Camión imprimador	6	6,900
VIII.5	Camión plataforma	6	6,900
VIII.6	Semitrayler	6	6,900
VIII.7	Volquete	6	6,900
VIII.8	Volquetes fuera de ruta	9	12,500

6.3.3. Valor de inversión media anual (VIMA)

Es el valor que se considera como invertido al principio de cada año de vida de la maquinaria. Depende, generalmente, del precio de venta de las maquinarias y de su vida económica útil.

El valor de inversión media anual, se obtienen aplicando la siguiente formula:

$$VIMA = \frac{N + 1}{2N} \times Va$$

Donde: N = representa la vida económica útil en años
Va = es el valor de adquisición de la maquinaria.

Es importante señalar que los manuales de CATERPILLAR, KOMATSU y otros utilizan estos conceptos; Al igual que diferentes países latinoamericanos como por ejemplo: México, a través de la Cámara Nacional de la industria de la construcción (CNIC); Colombia; Asociación Colombiana de Ingenieros Constructores, Paraguay, entre otros. Este valor de inversión media anual es de suma importancia, porque se toma como base para el cálculo de los Intereses de Capital Invertido y Seguro que tienen una incidencia relevante en el costo de alquiler de todas las maquinarias dentro del rubro de los gastos fijos.

6.3.4. Valor de salvataje (Vr)

El valor de salvataje llamado también Valor Recuperable o de Rescate se define como el valor de reventa que tendrá la maquinaria al final de su vida económica.

Generalmente, el valor de rescate que se puede considerar fluctúa entre el **20 al 25%** del valor de adquisición, en países en desarrollo como el nuestro; en otros países, donde se producen las maquinarias y equipos, este valor es significativamente menor al señalado anteriormente.

6.4. Gastos fijos

El simple hecho de ser propietario de un equipo o maquinaria de construcción de cualquier tipo, representa una inversión permanente e independiente al trabajo que ejecute el equipo.

Estos gastos fijos se derivan de los correspondientes a: depreciación, interés de capital invertido, seguros y gastos de almacenaje, gastos de mantenimiento y reparación; factores éstos que afectan al propietario de la maquinaria durante el tiempo de posesión de la misma por ser inherentes a la inversión de un capital.

6.4.1. Depreciación (D)

Es el costo que resulta de la disminución en el valor original de la maquinaria como consecuencia del uso, durante su vida económica.

Existen varios métodos para determinar el costo de depreciación; entre los cuales podemos citar:

- a) Método de la función lineal.
- b) Método del porcentaje sobre el saldo.
- c) Método de la suma de los dígitos de los años
- d) Método del fondo de amortización.

De estos métodos, el que más se utiliza, en la práctica, es el correspondiente al de la **función lineal**; que se basa en la suposición de que la depreciación se produce a ritmo uniforme a lo largo del tiempo de vida útil del equipo.

La fórmula a emplearse para el cálculo de la depreciación horaria es la siguiente:

$$\frac{D = V_a - V_r}{V_e \text{ hrs.}}$$

Donde:

D= Depreciación por hora de trabajo

V_a = Valor de adquisición

V_r = Valor de salvaje o de rescate

V_e hrs. = Vida económica de la maquinaria expresada en hora de trabajo (Tabla Nro.1)

6.4.2. Interés de capital invertido (I)

Cualquier empresa para comprar una máquina, adquiere los fondos necesarios en los bancos o mercado de capitales, pagando por ello los intereses correspondientes; o puede darse el caso, que si el empresario dispone de fondos suficientes de capital propio, hace la inversión directamente, esperando que la máquina reditúe en proporción con la inversión efectuada. Por tanto, este rubro será equivalente a los intereses correspondientes al capital invertido en la maquinaria.

Debemos insistir que, a pesar que el empresario pague su equipo **al contado**, debe cargársele los intereses de esa inversión; ya que ese dinero bien pudo haberse invertido en otro negocio que produzca dividendos a su propietario.

La fórmula genérica para el cálculo de este Costo es:

$$I = \frac{(N+1) \times V \times i \times N}{2N \times V_{ehrs}}$$

- I = Interés horario de inversión de capital invertido
 N = Vida económica útil en años
 V = Valor CIF, valor de derechos arancelarios o valor de adquisición, según sea el caso, de la Maquinaria para aplicar el interés respectivo.
 i = Tasa de interés anual vigente para el tipo de Moneda a utilizar.
 V ehrs = vida económica útil en hora.

La formula anterior se puede simplificar de la siguiente manera:

Si: $K = \frac{(N+1) \times N}{2N \times V_{ehrs}}$
 Entonces: $I = k V i$

A continuación, presentaremos los valores de K para diferentes periodos de vida económica, de acuerdo a la Tabla Nro. 1:

TABLA Nro. 2

FACTORES K		
Vida en años	Vida en hora	Factor K
2	3,000	0.0005000
2	4,000	0.0003750
3	3,000	0.0006667
4	8,000	0.0003125
5	10,000	0.0003000
6	6,900	0.0005072
6	12,000	0.0002916
7	8,000	0.0005000
7,5	15,000	0.0002833
8	16,000	0.0002500
9	12,000	0.0004000
10	20,000	0.0002750

Asimismo, para el cálculo del interés de capital invertido, dicho costo debe efectuarse en forma proporcional al componente de moneda extranjera y nacional.

En caso de maquinaria importante que, en términos generales, es la mayoría, se financiará a través de las instituciones Financieras del Perú el costo o valor CIF en dólares con una tasa promedio de 12.6 %; adicionalmente, se financiará los derechos aduaneros, impuestos y otros correspondientes a la nacionalización del equipo, en moneda nacional, con una tasa promedio de 37.0%. Este mismo porcentaje se aplicará para el financiamiento de maquinaria nacionales.

Por lo tanto, la formula de interés de capital invertido para moneda:

Extranjera (dólar), es la siguiente:

para moneda nacional:

$$I_1 = 0.126 K V_{cif}$$

$$I_2 = 0.370 K V_{mn}$$

Donde:

I_1, I_2 = Interés horario de capital invertido para moneda extranjera y nacional

K = Factor dado en la Tabla Nro. 2

V_{cif} = Valor CIF en moneda extranjera (Dólar)

V_{mn} = Valor en moneda nacional (Derechos de importación, impuestos, etc)

6.4.3. Seguros, Almacenaje, etc. (S)

Las primas de seguro varían de acuerdo al tipo de maquinaria y a los riesgos que deben cubrir durante su vida económica.

El tipo de seguros a considerar en este informe es el **TREC** (Todo riesgo equipo contratista) que como promedio se ha asumido por las Empresas de Seguros.

Para él calculo del gasto por seguros se aplicara la siguiente formula:

$$S = K V_a P_s$$

$$S = 0.05 K V_a$$

Donde:

S = Costo por seguro por hora de trabajo

P_s = Prima anual promedio (TREC)

K = Factor dado en la Tabla Nro. 2

V_a = Valor de adquisición

6.4.4. Mantenimiento y reparación

Se considera como gasto de mantenimiento. Los originados para realizar la conservación de la maquina en buenas condiciones, a fin de que trabaje con un rendimiento normal durante su vida económica; el costo de reparación es aquel que incluye el valor de la mano de obra de los mecánicos y los repuestos necesarios para mantener el equipo en operación.

Es difícil establecer un promedio de costo de mantenimiento y reparación debido a los diferentes tipos de maquinarias, condiciones de trabajo y mantenimiento preventivo que puedan recibir.

1ra. Alternativa: Para el caso de maquinaria de movimiento de tierras- como tractores, cargadores, retroexcavadoras, motoniveladoras, mototraillas – la metodología de calculo se efectúa siguiendo los lineamientos dados en el Manual de CARTERPILLAR- Décimo Sexta Edición.

2da. Alternativa: Para las demás maquinarias que no tiene un estudio sustentado como los establecidos en la 1ra. Alternativa, se hallara el costo de mantenimiento y reparación de acuerdo al porcentaje estimado para este costo, multiplicado por el valor de adquisición y dividido entre la vida económica en horas:

6.5. Gastos variables

Los gastos variables que provienen de la utilización de las maquinarias son los siguientes:

6.5.1. Combustibles

La cantidad y precio de los combustibles consumidos variará con la potencia, ubicación, clase de trabajo de tipo de maquinaria a utilizarse.

6.5.2. Lubricantes

El consumo de aceite de motor, aceite para controles hidráulicos, de transmisión, y grasas, está en relación con la capacidad de la maquina y el mantenimiento que el propietario le aplique periódicamente.

6.5.3. Filtros

El costo por este concepto se puede estimar en un 20% del costo total de lubricantes y combustibles.

6.5.4. Llantas

Posiblemente, uno de los rubros mas difíciles de estimar al analizar el costo hora maquina es el costo de las llantas, ello es debido a que la vida útil de una llanta esta afectada por diversos factores, como son: el mantenimiento, curvatura de la vía, pendientes, carga, velocidad máxima, posición de las llantas, superficie de las vías, presión de inflado etc. Por lo que se deberá tener en cuenta las recomendaciones del fabricante, para los usos a que se destine el equipo.

7. CONCLUSIONES:

En resumen el estancamiento tecnológico de la construcción, y el desconocimiento del Arquitecto las herramientas y maquinarias para cada trabajo, es producto de la falta de información en las universidades del país, al considerar este tema tangencialmente y a espaldas de la modernidad, la falta de investigación aplicada al sector, el tratamiento independiente del diseño y de los métodos constructivos y la mala política del estado, y son responsables de ello:

La pereza mental de los proyectistas que prefieren limitarse a producir planos convencionales, sin tomar en cuenta el software de diseño, los sistemas estandarizados, la existencia de nuevos materiales o el variado uso de los existentes y la poca o casi nula preocupación de actualización o por lo menos de Información de los **avances tecnológicos en el mundo y de las maquinas que ofrece el mercado**, mas aun en el marco actual que la información esta al alcance del que la quiera tener, producto de la **globalización**, no como han tenido que arar nuestros profesionales de generaciones anteriores, ligados al sector, en que la información era privilegiada, tanto en revistas como en manuales y en posibilidades de importación

El sistema de licitaciones para obras publicas, que desalienta el progreso de los métodos constructivos, el problema viene cuando este aspecto proviene de un ordenamiento legal complicado, que se obtiene por fuertes presiones, por lo que el **primer paso** deberían darlo los **proyectistas Arquitectos, mediante un enfoque integral del proceso con el uso de las modernas herramientas a su alcance y que abarque desde la concepción inicial hasta la definición del proceso constructivo**, así como dejar abierta la posibilidad de ofertar con métodos modernos mejorando los costos, sin temor a ser eliminados del concurso en cualquier licitación.

La **falta de orientación** para que las universidades del país, **implementen un curso de herramientas y maquinarias ligadas al sector construcción**, en la parte temática de **Tecnología y construcción**, para poder iniciar al futuro Arquitecto en las consideraciones básicas para la elección de la herramienta o equipo adecuado y mas aun iniciarlo en la búsqueda y actualización de este tema, **incentivando trabajos de investigación** aplicados al sector en los niveles de pre grado y pos grado.

Como he mencionado la presencia de herramientas y maquinaria nueva, altamente computarizada y en algunos casos sofisticada nos debe hacer reflexionar en que los **sistemas de seguridad en obra** deben ser tomados muy en cuenta por lo que **estoy convencido de que en un mundo globalizado**, en que los elementos y funciones a veces no pertenecen a ningún estamento o territorio se debería tener una adecuada legislación y una conveniente educación sobre temas de seguridad, a cargo de las empresas constructoras y de los sindicatos obreros (venidos a menos), lo cual podría hacer cambiar las actitudes irresponsables que se generan de una parte y de la otra también.

El tema se ha desarrollado desde la mas **humilde lata** para acarrear concreto hasta las **grandes maquinarias**, asimismo los posibles **costos de operación** a asumir en el trabajo cotidiano con estos equipos, cabe notar que siempre serán nuevos los rendimientos y costos variables, tanto mas sofisticados los equipos con nueva tecnología a usar, por lo que la **recomendación final y concluyente es que los Arquitectos deben estar siempre atentos** a las nuevos equipos, tratando de conocerlos mas de cerca ya sea en la experiencia propia como la de otros profesionales, lo que los llevara a una concepción total en un determinado proyecto, desde el diseño hasta su ejecución, mejorando de esta manera la calidad arquitectónica.

Este tema y su desarrollo no ha querido ser **ni extenso ni menos tedioso**, ya que la amplitud de herramientas y equipo en el mercado tiene características y performance **tanto distintas como modelos existen**, lo que ha intentado es contribuir a despertar el interés por la innovación tecnológica y la utilización eficiente de estas por nuestros profesionales, por lo que agradezco desde ya las observaciones y aportes para iniciar una nueva investigación.

8. ANEXOS

Para una mejor elección de los equipos mencionados en cada proceso de obra, consigno los **rendimientos promedios** de cada uno, considerando también un promedio de acuerdo al tipo de trabajo, potencia y ubicación en el territorio nacional

Asimismo consigno un **promedio del consumo** de combustibles, lubricantes, grasa y llantas, para los equipos mas usados.

Debo hacer hincapié que estos datos son referidos a promedios y pueden variar de acuerdo a las variables mencionadas, siendo las más importantes, **la operatividad en eficiencia del equipo y su frecuente mantenimiento optimo.**

RENDIMIENTOS POR EQUIPO

1.a Tractor sobre orugas								
Excavación en m3/día rendimiento en banco 60m								
Modelo	Potencia HP.	Tipo de trabajo	Costa	Rendimiento por día (1)			Selva	
				.(2)	.(3)	.(4)		
D9L	460	Material Suelto	2350	2010	1650	1340	1510	
D9L	460	Roca Suelta	1610	1540	1280	1080	1320	
D9L	460	Roca Fija	1300	1240	1030	870	1060	
D8L	355	Material Suelto	1250	1070	880	710	820	
D8L	355	Roca Suelta	860	820	680	560	700	
D8L	355	Roca Fija	690	660	550	460	560	
D8K	300	Material Suelto	1180	1010	820	670	70	
D8K	300	Roca Suelta	810	770	640	540	660	
D8K	300	Roca Fija	650	620	510	430	530	
D7G	200	Material Suelto	810	690	570	460	530	
D7G	200	Roca Suelta	550	530	440	370	450	
D7G	200	Roca Fija	450	420	350	300	360	
D6D	140	Material Suelto	470	400	360	310	310	
D6D	140	Roca Suelta	320	310	280	250	260	
D6D	140	Roca Fija	260	250	220	190	220	

1.b Cargador frontal sobre ruedas								
Carga de material en m3/día								
Modelo	Potencia HP.	Capacidad M3	Tipo de trabajo	Costa	Rendimiento por día (1)			Selva
					.(2)	.(3)	.(4)	
Camiones de 7 m3								
Cat.930	100	1,72	Material Suelto	760	700	620	550	600
Cat.930	100	1,72	Roca Suelta	680	610	550	480	520
Cat.930	100	1,72	Roca Fija	610	550	490	430	470
Camiones de 10 m3								
Cat.9509	155	2.40	Material Suelto	1040	950	840	750	810
Cat.9509	155	2.40	Roca Suelta	920	840	740	660	710
Cat.9509	155	2.40	Roca Fija	820	750	690	610	640

Camiones de 10 m3									
Cat.9660	155	3,10	Material Suelto	1290	1180	1050	930	1000	
Cat.9660	155	3,10	Roca Suelta	1110	1010	900	800	860	
Cat.9660	155	3,10	Roca Fija	970	880	790	700	750	
1.c Retro-excavadora									
Excavación en m3/día-Rendimiento en banco									
Modelo	Potencia	Capacidad	Tipo de trabajo	Rendimiento por día (1)					
				Costa	Sierra		Selva		
	HP.	M3			(2)	(3)	(4)		
	215	90	0,70	Material Suelto	720	600	570	450	500
	215	90	0,70	Roca Suelta	420	370	350	290	340
	215	90	0,70	Roca Fija C/Volad.	290	270	250	200	240
	215	90	0,90	Material Suelto	840	700	660	520	590
	215	90	0,90	Roca Suelta	490	430	410	330	390
	215	90	0,90	Roca Fija C/Volad.	330	310	290	230	270
	225	125	1,10	Material Suelto	1050	980	900	710	740
	225	125	1,10	Roca Suelta	620	590	550	450	500
	225	125	1,10	Roca Fija C/Volad.	430	400	380	330	360
	225	195	1,30	Material Suelto	1240	1150	1060	840	870
	225	195	1,30	Roca Suelta	730	700	650	530	590
	225	195	1,30	Roca Fija C/Volad.	500	480	450	390	420
	225	195	1,50	Material Suelto	1430	1330	1230	970	1000
	225	195	1,50	Roca Suelta	840	810	760	610	680
	225	195	1,50	Roca Fija C/Volad.	580	550	520	450	490
	225	195	1,70	Material Suelto	1620	1500	1390	1100	1140
	225	195	1,70	Roca Suelta	950	920	850	700	770
	225	195	1,70	Roca Fija C/Volad.	660	620	590	510	550
	225	195	1,90	Material Suelto	1810	1680	1560	1230	1270
	225	195	1,90	Roca Suelta	1070	1030	940	780	860
	225	195	1,90	Roca Fija C/Volad.	740	700	660	570	610

1.d Rodillos autopropulsados								
Compactación de Material Suelto en m3/día en banco								
Modelo		Potencia HP.	Capac Ton.	Costa	Rendimiento por día (1)			Selva
					.(2)	.(3)	.(4)	
CA-15	Liso	101	6.58	1300	1290	1080	980	1000
CA-15	Pata Cabra	108	7.40	1140	1110	930	850	1150
CA-25	Liso	127	9,00	1700	1670	1400	1270	1290
CA-25	Liso	125	9.40	1700	1670	1400	1270	1290
CA-25	Pata Cabra	125	11.10	1470	1410	1210	1100	1500
CC-43	Tandem	140	10.10	90	1460	1220	1110	1120
CG-11	Tandem Tiro	13	1,90	210	210	170	160	160
CH-44	Liso	60	5.00	1160	1130	950	860	890
CF-44	Pata Cabra	60	5.60	1010	990	830	750	1020
1.e Motoniveladoras								
Modelo	Potencia HP	Espesor (m)	Costa	Rendimiento por día (1)			Selva	
				.(2)	.(3)	.(4)		
120-G	125	0,30	3220	3150	2860	2420	2820	
140-G	145		3410	3370	3080	2600	3000	
140-G	180		3670	3590	3290	2740	3200	
Conformación de Terraplén - Sub base Seleccionada								
120-G	125	0,30	1050	1030	940	790	290	
120-G	125	0,15	2860	2820	2560	2160	2530	
120-G	125	0,20	2600	2530	2340	1940	2270	
140-G	145	0,30	1140	1110	1020	870	1000	
140-G	145	0,15	3080	3000	2570	2340	2710	
140-G	145	0,20	2780	2710	2490	2130	2450	
Base Granular								
120-G	125	0,15	2490	2420	2240	1870	2160	
120-G	125	0,20	2340	2310	2090	1760	2050	
140-G	145	0,15	2640	2600	2380	2020	2340	
140-G	145	0,20	2420	2380	2200	1870	2130	
14-G	180	0,15	2820	2780	2520	2140	2480	
14-G	180	0,20	2560	2520	2310	1920	2260	
Escarificado de Pavimento								
120-G	125		3480	3410	3110	2600	3040	
140-G	145		3700	3630	3330	2820	3260	
14-G	180		3970	3890	3550	2940	3460	

1.f Compresora y equipo de perforación								
Capacidad PCM	Peso y Num. de martillo		Material	Rendimiento Costa	por día			Selva
	Kg.	Nro.			.(2)	.(3)	.(4)	
200	21-24	2	Roca Suelta	200	200			200
200	21-24	2	Roca Fija	130	130			130
240	21-24	2	Roca Suelta			200	200	
240	21-24	2	Roca Fija			130	130	
250	25-29	2	Roca Suelta	250				250
250	25-29	2	Roca Fija	160				160
330	25-29	2	Roca Suelta		250	250		
330	25-29	2	Roca Fija		160	160		
335	25-29	2	Roca Suelta				250	
335	25-29	2	Roca Fija				160	
375	21-24	4	Roca Suelta	400				400
375	21-24	4	Roca Fija	260				260
600	21-24	4	Roca Suelta		400	400	400	
600	21-24	4	Roca Fija		260	260	260	
600	25-29	4	Roca Suelta	500	500			500
600	25-29	4	Roca Fija	320	320			320
650	25-29	4	Roca Suelta			500		
650	25-29	4	Roca Fija			320		
690	25-29	4	Roca Suelta				500	
690	25-29	4	Roca Fija				300	

(1) Rendimiento Promedio por día de 8 horas.
(2) Hasta 2,300 msnm.
(3) De 2,300 a 3,800 msnm.
(4) Más de 2,800 msnm.
(5) El rendimiento se reduce de la antigüedad: de 0 a 5 años 0% de 5 a 9 años 30%/más de 9 años de 40%.

CONSUMO DE COMBUSTIBLE, LUBRICANTE Y GRASA

DESCRIPCION	POTENCIA	CAPACIDAD	COMBUSTIBLES	LUBRICANTES	GRASA
	HP		gal./hr.	Gal/hr.	lbs/hr
1. EQUIPO DE TRANSPORTE					
Camioneta pick-Up 4 x 2 Cabina doble.	90	1,000 Kg.	1.80	0.12	0.05
Camioneta pick-Up 4 x 2 Cabina simple	90	2,000 Kg.	1.80	0.12	0.05
Camioneta pick-Up 4 x 4 Cabina simple	107	1,000 Kg.	2.10	0.12	0.05
Camioneta pick-Up 4 x 2 doble cabina	90	750 Kg.	1.80	0.12	0.05
Camioneta rural 4 x 4	135	5 pasajeros	2.65	0.12	0.05
Camioneta Station Wagon 4 x 2	100	6 pasajeros	2.00	0.12	0.05
Camión Cisterna 4 x 2 (agua)	122	1,500 Glns.	3.30	0.13	0.06
Camión Cisterna 4 x 2 (agua)	122	2,000 Glns.	3.30	0.13	0.06
Camión Cisterna 4 x 2 (agua)	178-210	3,000 Glns.	5.59	0.20	0.10
Camión Cisterna 4 x 2 (combustible)	122	2,000 Glns.	3.30	0.13	0.06
Camión Cisterna 4 x 2 (Asfalto)	178-210	2,000 Glns.	5.59	0.20	0.10
Camión Concretero 4 x 2	178-210	4 m3	5.59	0.20	0.10
Camión Concretero 6 x 4	300	6 m3	8.00	0.25	0.15
Camión Plataforma 4 x 2	122	8 Ton.	3.30	0.13	0.06
Camión Plataforma 6 x 2	178-210	12 Ton.	5.59	0.20	0.10
Camión Plataforma 6 x 4	300	19 Ton.	8.00	0.25	0.15
Camión Semitrailers 4 x 2	330	35 Ton.	8.79	0.29	0.14
Camión Semitrailers 6 x 4	330	40 Ton.	8.79	0.29	0.14
Camión Volquete 4 x 2	120-140	4 m3	4.80	0.16	0.07
Camión Volquete 4 x 2	140-210	6 m3	5.59	0.20	0.10
Camión Volquete 4 x 2	210-280	8 m3	7.46	0.24	0.11
Camión Volquete 6 x 4	330	10 m3	8.79	0.29	0.14
Dumper 6 x 4	146	9.0-11.5 m3	3.86	0.14	0.06
Dumper 6 x 6	210	9.6-12.5 m3	5.59	0.20	0.10
Camión Imprimador 6 x 2	178-210	1,800 Glns.	5.59	0.20	0.10
II. EQUIPO PARA MOV. DE TIERRA					
Cargadores sobre Orugas	50-79	0.7-1.3 Y d3	3.00	0.10	0.05
Cargadores sobre Orugas	80-105	1.5-1.75 Yd3	3.10	0.10	0.05
Cargadores sobre Orugas	110-135	2.0-2.25 Yd3	3.80	0.13	0.06
Cargadores sobre Orugas	150-180	2.5-2.75 Y d3	5.60	0.16	0.07
Cargadores sobre Orugas	190-225	3.2-3.75 Yd3	7.20	0.21	0.10
Cargadores sobre Orugas	245	4.0-6.0 Y d3	8.30	0.24	0.11

Cargador retroexcavadora	62	1 Y d3	2.50	0.08	0.04
Cargador sobre Llantas	80-95	1.5-1.75 Y d3	2.80	0.09	0.05
Cargador sobre Llantas	100-115	2.0-2.25 Y d3	3.40	0.12	0.05
Cargador sobre Llantas	125	2.50 Y d3	3.40	0.12	0.05
Cargador sobre Llantas	125-155	3.00 Y d3	4.60	0.14	0.06
Cargador sobre Llantas	160-195	3.5 Yd3	5.70	0.17	0.08
Cargador sobre Llantas	200-250	4.0-4.1 Yd3	6.60	0.22	0.10
Cargador sobre Llantas	200-250	4.60 Yd3	6.60	0.22	0.12
Cargador sobre Llantas	260-300	5.0-5.5 Yd3	8.50	0.25	0.14
Cargador sobre Llantas	375	8.0 Yd3	10.90	0.31	0.10
Mototrailer autocargables	140-200	11 Yd3	5.30	0.17	0.12
Mototrailer autocargables	210-300	16 Yd3	8.10	0.25	0.14
Mototrailer autocargables	310-350	23 Yd3	9.60	0.30	0.10
Mototrailer cargables	310-400	14-20 Yd3	10.60	0.33	0.12
Mototrailer cargables	405-480	21-31 Yd3	13.20	0.40	0.14
Retroexcavadora sobre Llantas	58	1 Y d3	3.00	0.07	0.15
Retroexcavadora sobre Orugas	80-110	0.50-1.3 Yd3	3.30	0.11	0.17
Retroexcavadora sobre Orugas	115-165	0.75-1.6 Y d3	5.00	0.15	0.04
Retroexcavadora sobre Orugas	170-250	1.1-2.75 Y d3	7.50	0.22	0.05
Retroexcavadora sobre Orugas	325	2.0-3.8 Y d3	10.30	0.28	0.07
Tractor de Orugas	60-70		2.30	0.07	0.10
Tractor de Orugas	75-100		3.30	0.09	0.14
Tractor de Orugas	105-135		4.30	0.13	0.04
Tractor de Orugas	140-160		5.10	0.15	0.05
Tractor de Orugas	190-240		7.70	0.22	0.07
Tractor de Orugas	270-295		9.80	0.24	0.10
Tractor de Orugas	300-330		10.30	0.29	0.14
Tractor de Orugas	335		12.10	0.36	0.15
Tractor de Orugas	410-470		15.30	0.41	0.17
Tractor de Orugas	510		16.90	0.45	0.18
Tractor de Orugas	650		20.50	0.50	0.20
Tractor sobre Llantas	200-250		7.20	0.22	0.10
Tractor sobre Llantas	300-350		10.90	0.30	0.14
Tractor sobre Llantas	400-550		15.40	0.41	0.17
Pala Frontal	195	3.0 Y d3	7.90	0.20	0.10
Compactador Vibratorio (tipo plancha)	4 HP		0.16	0.002	0.01
Compactador Vibratorio (tipo plancha)	5.8 HP		0.28	0.004	0.01
Compactador Vibratorio (tipo plancha)	7 HP		0.30	0.005	0.02

Rodillo liso vibrat. Manual	10.8	0.8-1.1 Ton.	0.26	0.006	0.01
Rodillo liso vibrat. Autop.	70-100	7-9 Ton.	2.66	0.09	0.05
Rodillo liso vibrat. Autop.	101-135	10-12 Ton.	3.60	0.13	0.06
Rodillo liso vibrat. Autop.	136-170	15-17 Ton.	4.53	0.15	0.07
Rodillo liso vibrat. Autop.	210	19-23 Ton.	5.59	0.20	0.10
Rodillo liso vibrat. De tiro	50-80	4-5.5 Ton	0.08	0.05	2.04
Rodillo neumat. Autoprop.	60-80	3-5 Ton.	0.08	0.05	2.04
Rodillo neumat. Autoprop.	81-100	5.5-20 Ton.	0.09	0.05	2.26
Rodillo neumat. Autoprop.	127	8-23 Ton.	0.13	0.06	3.20
Rodillo neumat. Autoprop.	135	9-26 Ton	0.13	0.06	3.20
Rodillo pata cabra vibratorio Autopropulsado	84	8-10 Ton.	2.26	0.08	0.05
Rodillo pata cabra vibratorio Autopropulsado	100-135	11-13 Ton.	3.60	0.13	0.06
Rodillo pata cabra vibratorio Autopropulsado	136-180	15-17 Ton.	4.80	0.16	0.07
Rodillo pata cabra vibratorio Autopropulsado	210	20-22 Ton.	5.59	0.20	0.10
Rodillo pata cabra vibratorio Tiro	50-80	5-7.5 Ton.	2.13	0.08	0.05
Rodillo tandem estático Autopropulsado	30-57	3-5 Ton.	1.47	0.06	0.03
Rodillo tandem estático Autopropulsado	30-57	4-6 Ton.	1.47	0.06	0.03
Rodillo tandem estático Autopropulsado	58-70	5-8 Ton.	1.60	0.07	0.04
Rodillo tandem estático Autopropulsado	58-70	8-10 Ton.	1.60	0.07	0.04
Rodillo tandem estático Autopropulsado	70-100	8-14 Ton.	2.66	0.09	0.05
Rodillo tandem vibratorio Autopropulsado	15-35	2.5-4 Ton.	0.93	0.04	0.02
Rodillo tandem vibratorio Autopropulsado	36-50	4-6 Ton.	1.33	0.06	0.03
Rodillo tandem vibratorio Autopropulsado	80-110	6-8 Ton.	2.93	0.11	0.05
Rodillo tandem vibratorio Autopropulsado	111-130	9-11 Ton.	3.46	0.13	0.06

Rodillo tres ruedas estático Autopropulsado	58-5	10-15 Ton.	1.60	0.07	0.04
Tractor de tiro MF 1030/4	27		0.67	0.04	0.02
Tractor de tiro MF 235	44		1.20	0.05	0.03
Tractor de tiro MF 265	63		1.73	0.07	0.04
Tractor de tiro MF 290	80		2.13	0.08	0.05

Tractor de tiro MF 290/4	80		2.13	0.08	0.05
Tractor de tiro MF 296-B	115		3.06	0.12	0.05
Tractor de tiro MF 296/D	115		3.06	0.12	0.05
Tractor de tiro MF 2725/4	158		4.26	0.15	0.07

IV. EQUIPO PRODUCTORES DE AGREGADOS

Chancadora Primaria 15"x24"	M.E.30	14-70 T/H			0.30
Chancadora Primaria 20"x36"	M.E.75	46-70 T/H			0.30
Chancadora Secundaria 24"S	M.E.30	46-70 T/H			0.30
Chancadora Secundaria 36"S	M.E.75	46-70 T/H			0.30
Chancadora Primaria - Secundaria (incluye 5 fajas)	9-M.E.94	Hasta 50 T/H			0.40
Zaranda vibratoria 4" x 6" x 14"	M.E.10				0.30

V. EQUIPO PARA REFINE Y AFIRMADO

Motoniveladora	65-80		2.25	0.08	0.05
Motoniveladora	85-120		3.40	0.12	
Motoniveladora	125		4.00	0.13	0.05
Motoniveladora	130-135		4.75	0.15	0.05
Motoniveladora	145-150		5.60	0.17	0.06
Motoniveladora	180-200		6.00	0.17	0.07

VI. EQUIPO PARA PAVIMENTACION

Amasadores de asfalto	23.5	5.4 m3	5.00	0.05	0.08
Barredora mecánico	.10-20	7' Rodillo	1.00	0.03	0.08
Cocina de asfalto		320 Gln.	2.50	0.03	0.08
Planta de Asfalto en frío	M.E.30	30-65 T/H			0.40
Planta de Asfalto en frío	M.E.50	60-115 T/H			0.40
Pavimentadora de Orugas	69	10'	1.86	0.07	0.04

VII. EQUIPOS DIVERSOS

Compresoras neumáticas	76	125-175 p.c.m.	2.00	0.08	0.04
Compresoras neumáticas	87	250-330 p.c.m.	2.40	0.08	0.05
Compresoras neumáticas	93	335-375 p.c.m.	3.80.	0.09	0.05
Compresoras neumáticas	196	600-690 p.c.m.	7.30	0.17	0.08
Compresoras neumáticas	240	700-800 p.c.m.	8.70	0.21	0.10
Fajas 18 x 40	M.E. 3	150 T/H			0.05
Fajas 18 x 50	M.E. 3	150 T/H			0.05
Fajas 30 x 40	M.E. 5	550 T/H			0.05
Fajas 30 x 50	M.E. 5	550 T/H			0.05
Fajas 30 x 60	M.E. 7.5	800 T/H			0.05

Montacargas	68	3,000KG	1.86	0.07	0.04
Montacargas	70	5,500 Kg.	2.13	0.08	0.05
Montacargas	70	7,500 Kg.	2.53	0.09	0.09
Grúa hidráulica telescópica Autoprop	127	18 Ton. - 9 Mt.	3.46	0.13	0.06
Grúa hidráulica telescópica Autoprop	155	35 Ton-9.6Mt. 50 Ton. Cortas	4.13	0.14	0.06
Grúa hidráulica telescópica montada sobre camión	225	32.6- 106	6.00	0.21	0.10
Grúa hidráulica telescópica sobre camión, con pluma de celosía	335	70Ton.cortas40	8.92	0.29	0.14
Grúa hidráulica telescópica sobre camión, con pluma de celosía	350	90Ton.cortas50	9.33	0.30	0.14
Grúa mecánica montada sobre camión tipo celosía	318	35Ton-9 Mt.	8.52	0.28	0.12
Motobombas (gasolina)	3.5	2"	0.14	0.003	0.01
Motobombas (gasolina)	5	3"	0.20	0.004	0.01
Motobombas (gasolina)	10	4"	0.40	0.007	0.01
Motobombas (petróleo)	12	4"	0.32	0.008	0.01
Motobombas (petróleo)	17	6"	0.46	0.011	0.02
Motobombas (petróleo)	34	8"	0.91	0.023	0.03
Mezcladora concreto tipo Trompo	8HP	9P3.	0.21	0.006	0.01
Mezcladora concreto tipo Trompo	18HP	7P3	0.48	0.011	0.01
Mezcladora concreto tipo Trompo	18HP	11P3	0.48	0.011	0.01

Mezcladora concreto tipo Trompo	30HP	16P3	0.80	0.019	0.03
Planta dosificadora de concreto	M.E.40	Tolva 50 M3/H			0.40
Planta dosificadora de concreto	M.E.45	50-90 M3/H			0.40
Planta dosificadora de concreto	M.E.60	120 M3/H			0.40
Vibrador de concreto	4	18 PL (1.25")	0.16	0.002	0.01
Vibrador de concreto	4	18 PL (1.5")	0.16	0.002	0.01
Vibrador de concreto	4	18 PL (2.4")	0.16	0.002	0.01

VIDA UTIL DE LLANTAS

DESCRIPCION	VIDA UTIL (Horas)
I. EQUIPO DE TRANSPORTE	
Camionetas	1,000
Camiones	2,000
Dumper	3,000
II. EQUIPO PARA MOVIMIENTO DE TIERRA	
Cargadores	2,000
Mototrailer	3,000
Retroexcavadora	2,000
Tractor	2,000
III. EQUIPO DE COMPACTACION	
Rodillo liso vibratorio autopropulsado	4,000
Rodillo neumático autopropulsado	4,000
Tractor de tiro	6,000
IV. EQUIPO DE PRODUCTORES DE AGREGADOS	
Chancadoras	6,000
Zarandas vibratorias	6,000

V. EQUIPO DE REFINE Y AFIRMADO	
Motoniveladora	4,500
VI. EQUIPO PARA PAVIMENTACION	
Amasadora de asfalto	3,000
Barredora mecánica	3,000
Calentador de aceite	6,000
Cocina de asfalto	3,000
Planta de asfalto en frío	6,000
VII. EQUIPOS DIVERSOS	
Compresoras neumáticas	6,000
Fajas	6,000
Montacargas	6,000
Grúas	6,000
Mezcladoras	3,000

9. BIBLIOGRAFIA.

1. Reglamento Nacional de Construcciones.
Cap. VII-II-8.0
2. Costos y mantenimiento de maquinaria
Ing. Gustavo Acevedo Leyva
Instituto de capacitación en la Industria de la construcción.
3. Caterpillar Performance Handbook.
4. Archivos de ½ de Construcción.
Materiales y Métodos
5. Maquinarias y herramientas para edificaciones.
Ing. Carlos Ñavincopa E.
Separatas.
6. Revistas
Potencia (España) Nros. 37, 397, 400, 404, 408
Construcción Pan Americana (USA.) Nros. 2, 8, 18
EFCO – UNI SPAN (encofrados metálicos)
7. El equipo y sus costos de operación.
Ing. Jesús Ramos Salazar
Cámara Peruana de la Construcción – CAPECO