

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL



REHABILITACIÓN DE EDIFICIOS HISTÓRICOS

INFORME DE COMPETENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO CIVIL

ALAIN EGLINTON RIOS REYES

Lima- Perú

2014

DEDICATORIA

Antes de comenzar a desarrollar el informe de competencia profesional, quisiera agradecer a las diferentes personas que intervinieron y me ayudaron al enriquecimiento profesionales y al desarrollo del presente informe.

Primeramente quisiera agradecer a los **Sres. Benoit Salvi y Jean-Marie Magne**, quienes fueron mis tutores, colegas y amigos que me enseñaron a lo largo de mi periodo de aprendizaje, y a la vez hicieron del ambiente laboral un lugar propicio y así mismo quisiera agradecerles por los consejos brindados, su apoyo y su disponibilidad de tiempo a lo largo de estos últimos tres años de trabajo dentro del equipo de la empresa **BETOM Atlantique** filial de La Rochelle - Francia.

Dirijo igual mis agradecimientos a todo el equipo de Betom Atlantique-filial de La Rochelle, al Sr. **Olivie Potreau** y a la Sra. **Severin Guerin** por su disponibilidad y su acompañamiento en lo cotidiano, ellos han participado grandemente a mi integración al equipo de trabajo y dándome a la vez una gran autonomía en la en la investigación, y en la toma de decisiones, dentro del desarrollo de los proyectos.

Un gran agradecimiento igualmente al **Dr. Javier Arrieta** por el aporte de sus consejos, y su preciosa ayuda, compartiendo siempre su gran saber pedagógico.

Finalmente dedico este informe a la señora **Reyna Reyes Vega**, mi madre por sus consejos, apoyo e incentivo a siempre buscar la mejora continua. En fin yo a todas las personas que contribuyeron de cerca o de lejos al buen desarrollo del presente informe.

ÍNDICE

RESUMEN	6
LISTA DE FIGURAS	7
LISTA DE TABLAS	9
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	11
1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	11
1.2. DOCTRINA DE LA REHABILITACIÓN Y SU EVOLUCIÓN.....	12
1.2.1. La Doctrina de Conservación y Rehabilitación	12
1.2.2. Evolución de la Conservación y Rehabilitación	12
1.3. JUSTIFICACIÓN	13
1.4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS.....	14
1.4.1. Objetivos generales.....	14
1.4.2. Objetivos específicos	14
CAPÍTULO II: DIAGNOSTICO TÉCNICO	15
2.1. EL DIAGNOSTICO	16
2.2. EL CONTEXTO ARQUITECTURAL	17
2.3. EL ROL DE LOS ESPECIALISTAS	18
2.4. CONSTITUCIÓN DE UN ANÁLISIS FUNDAMENTAL COMPLEJO. ..	20
2.5. LA OBSERVACIÓN COMO EJEMPLO.	22
2.6. COMPRENSIÓN DEL EDIFICIO Y SISTEMA CONSTRUCTIVO.	25
CAPÍTULO III: REHABILITACIÓN DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE LA UNIVERSIDAD DE ESTRASBURGO	27
3.1. PRESENTACIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	27
3.1.1. Descripción General.....	27
3.1.2. Registro Histórico de la BNU	28
3.1.3. Objetivos en términos de seguridad	30
3.1.4. Objetivos en Términos de Arquitectura y Estructura.....	31
3.1.5. Objetivos en Términos de Patrimonio.....	32
3.1.6. Organización del Edificio Existente.....	33
3.1.7. Organización del Edificio Futuro.....	34
3.1.8. Diferencias respecto al existente.....	34
3.1.9. Desagregado de Partidas.....	36
3.1.10. Costo y financiamiento	37
3.2. CALZADURA (UNDERPINNING) OPERACIONES COMUNES.	37

3.2.1.	Definición general de una calzadura.....	37
3.2.2.	Los Grandes tipos de calzadura.	38
3.2.3.	Vinculación entre una rehabilitación y una calzadura.	38
3.2.4.	Importancia de la Transferencia de Cargas.	39
3.3.	TRANSFERENCIA DE CARGA POR PISTONES HIDRÁULICOS.	39
3.3.1.	Generalidades.....	39
3.3.2.	Los diferentes tipos de pistones hidráulicos.	39
3.4.	CALZADURA, PARA LA CREACIÓN DE ABERTURAS EN MUROS PORTANTES.....	40
3.4.1.	Calzadura de muros.	41
3.4.2.	Técnicas utilizadas.	41
3.5.	CALZADURA DEBAJO DEL DOMO.....	43
3.5.1.	Estructura existente.....	44
3.5.2.	Consistencia del proyecto.	46
3.5.3.	Calzadura del domo.	47
3.5.4.	La viga de coronamiento	49
3.5.5.	Calzadura provisional de la cúpula y transferencia de carga.	50
3.5.6.	Variante de la calzadura provisional.	51
3.5.7.	Solución 5, perfiles sobre macizo de albañilería.....	52
3.5.8.	Puntos particulares a sanar para una buena transferencia de carga. .	53
3.5.9.	Apuntalamiento Millstour ®.....	54
3.5.10.	Transmisión de carga sobre la torre de apuntalamiento	55
3.5.11.	Problemas encontrados en la implantación.	56
3.5.12.	Colocación de la carga por medio de pistones hidráulicos.	57
3.5.13.	Tipo de Pistón Hidráulico a escoger.	57
3.5.14.	Modo de operación del Pistón Hidráulico AGE.	60
3.5.15.	Realización de los Mega-esquineros	63
3.6.	PUESTA EN CARGA POR PISTÓN HIDRÁULICO.....	66
3.6.1.	Justificación de Pistón Hidráulico.	66
	CAPÍTULO IV: PRINCIPALES TÉCNICAS DE REHABILITACION.....	68
3.7.	REFORZAMIENTO DE FUNDACIONES - CONSERVATORIO DE MÚSICA, DANZA Y DE ARTE DRAMÁTICO MERIGNAC - BURDEOS	68
3.7.1.	Descripción General.....	68
3.7.2.	Estudio de suelos y reconocimiento estructural.....	68

3.7.3.	Estudio de fundación.....	70
3.7.4.	Fundación en jet grouting.....	70
3.7.5.	Sistemas de Jet Grouting.....	71
3.7.6.	Descripción del método.....	72
3.7.7.	Diseño – propiedades del suelo tratado	74
3.7.8.	Procedimientos de control	75
3.8.	RECONSTRUCCIÓN Y REFORZAMIENTO EN MADERA	
	SUPERMERCADO CONTINENTE – DOS HERMANAS.....	77
3.8.1.	Descripción General.....	77
3.8.2.	Proceso de fabricación de la madera laminada - encolada.....	77
3.8.3.	Causa del accidente.....	78
3.8.4.	Propuesta de reforzamiento.	79
3.8.5.	Intervención.....	79
3.8.6.	Reconstrucciones en madera.....	81
3.8.7.	Reconstrucción de los extremos de las vigas	81
3.8.8.	Reparaciones y embrochalado de estructuras de madera.....	82
3.8.9.	Refuerzo de vigas por su cara superior	83
3.8.10.	Sistemas de losa auto-portantes ligeros REBOFIL y KERTO.....	84
3.9.	RESTAURACIÓN DE FACHADAS EN CONCRETO ARMADO -	
	PLANTA DE SELECCIÓN Y LAVADO DE CARBÓN DE BINCHE.....	84
3.9.1.	Descripción General	84
3.9.2.	Diagnostico Científico.....	85
3.9.3.	Prescripción de ensayos de laboratorio a realizar	86
3.9.4.	Tratamientos tradicionales	87
3.9.5.	Tratamientos electroquímicos.....	87
3.9.6.	Tratamiento NOVBETON: Re-alcanización/Tratamiento de decloruración	89
3.9.7.	Aplicación del procedimiento NOVBETON	90
3.9.8.	Tratamientos químicos de la corrosión	92
3.10.	REFORZAMIENTO EN FIBRAS DE VIDRIO Y CARBONO –	
	RESTAURACIÓN DE VENDEOUVRE.....	93
3.10.1.	Descripción General.....	93
3.10.2.	Procedimiento de aplicación.....	94
3.10.3.	Zunchado de edificios mediante tirantes ocultos de fibra de vidrio	95
3.10.4.	Post tensado de armaduras de fibra mineral.	96

3.10.5. Atado de estatuas y paramentos.....	97
CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	98
4.1. CONCLUSIONES.....	98
4.2. RECOMENDACIONES	99
GLOSARIO TÉCNICO.....	100
BIBLIOGRAFÍA.....	104
ANEXOS	105

RESUMEN

La rehabilitación de edificios históricos, es de interés colectivo y de importancia para nuestra sociedad, que nace de la necesidad de resguardar nuestro valor identitario; formando de esta manera la doctrina de la conservación y restauración de edificios, la cual es el resultado de un conjunto de factores sociales, culturales y económicos, que toma en cuenta la historia del patrimonio a restaurar.

Cada generación y comunidad posee diferentes patrimonios, así como sus orientaciones recomendaciones y prescripciones, que deben ser explícitas y justificadas a fin de servir de referencia para tal efecto. Por ejemplo, podemos citar a la Unión Europea, donde las rehabilitaciones son regidas bajo la «carta internacional de la conservación y restauración» llamada también Carta de Venecia.¹

Aunque en nuestro país la principal problemática es la falta de interés por el lanzamiento de políticas que apoyen a la gestión, difusión y conservación de nuestro patrimonio. El presente informe trata de incentivar el uso de las buenas prácticas, metodologías y técnicas para la rehabilitación de edificios históricos, sin pretender alcanzar el aspecto de normativa.

La primera parte de este informe trata sobre el diagnóstico técnico, de su influencia en la toma de decisiones, y de las ventajas que proporciona, al haberse realizado un buen análisis de la información recolectada. Posteriormente se presenta el proyecto de rehabilitación de la Biblioteca Nacional Universitaria de Estrasburgo, en la cual se presentan los principales problemas y soluciones planteadas en el proceso de la restauración de dicha edificación. Finalmente se presenta un compendio de las principales técnicas y operaciones utilizadas en la actualidad para la rehabilitación de edificios históricos, las cuales permiten una buena praxis dentro de esta especialidad.

El objetivo es de brindar las etapas importantes a considerar que engloba un proceso de rehabilitación de edificaciones, y otorgar un alcance a las personas interesadas o involucradas en proyectos de esta índole.

¹ La Charte de Venise 1964 – International Council on Monuments And Sites ICOMOS.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Vista de la BNU de Estrasburgo.....	27
Figura 2: Síntesis de Grandes fechas de la BNU.....	28
Figura 3: Columnas que atraviesas la Losa.	30
Figura 4: Vista sobre la sala de lectura – Año 1900.....	31
Figura 5: Corte sobre los salones a conservar.....	32
Figura 6: Organización interior del Edificio existente.....	33
Figura 7: Organización interior del proyecto.....	34
Figura 8: Corte longitudinal del Edificio Futuro.....	35
Figura 9: Vista en planta del Edificio Futuro.....	36
Figura 10: Corte longitudinal del Edificio Futuro.....	37
Figura 11: Calzadura, supresión de columnas y colocación de una viga de soporte.	38
Figura 12: Pistones Hidráulicos típicos.	40
Figura 13: Pistones Hidráulicos con tuercas de seguridad.....	40
Figura 14: Pistones Hidráulicos Freyssinet	40
Figura 15: Método de media-viga.	42
Figura 16: Método de puntales	43
Figura 17: partes de la cúpula.....	44
Figura 18: Sistema portante de la estructura existente.	45
Figura 19: Elevación del domo con organización del nudo interno.....	45
Figura 20: Elevación del domo con sistema portante del proyecto.....	46
Figura 21: Superposición de columnas existentes y mega-esquineros.	47
Figura 22: El tragaluz existente que sirve como plataforma de trabajo.	49
Figura 23: Viga de coronamiento.....	50
Figura 24: Calzadura provisional de la cúpula y transferencia de carga.....	50
Figura 25: Etapa preliminar del vaciado de la parte alta de la bóveda.	51
Figura 26: Representación de esfuerzos.	52
Figura 27: Vista en planta de la implantación de perfiles.	52
Figura 28: Corte en el eje del perfil (Taburete) y acabado Seltex®.....	53
Figura 29: Acabado saneado en parte alta y baja.	53
Figura 30: Sin pie de bóveda (a la derecha) y antes de la demolición (a la izquierda).....	54
Figura 31: Fotos de un Millstour®.....	54
Figura 32: Transmisión de carga sobre las torres de apuntalamiento	55

Figura 33: Vigas que incomodan el montaje de la torre.	56
Figura 34: Pistón Hidráulico de cabeza de torres MILLS.....	58
Figura 35: Demolición del portor existente.	61
Figura 36: Demolición manual de las partes más difíciles.	62
Figura 37: Vista en elevación de la Horca.....	63
Figura 38: Soporte de la horca fijado a la extensión de la viga.	64
Figura 39: Corte con vista sobre las diferentes pasarelas de trabajo.	65
Figura 40: Emplazamiento de pistón plats.	66
Figura 41: Pistón plats incrustado dentro del bloc de concreto.	67
Figura 42: Maison carre.....	69
Figura 43: Jet de agua saliendo por la tobera del monitor.....	70
Figura 44: Sistemas Estándar de Jet grouting.	72
Figura 45: Super-jet grouting.	72
Figura 46: formas y procesos - jet Grouting.	73
Figura 47: Campo de prueba – columna en jet grouting.....	76
Figura 48: Vista de madera deteriorada.....	78
Figura 49: Fase 1 - rehabilitación.....	80
Figura 50: vista rehabilitada.....	80
Figura 51: Reconstrucción de madera.	81
Figura 52: Reconstrucción de vigas.....	82
Figura 53: Reparación de machihembrados.	83
Figura 54: Reparación de viga cara superior.	83
Figura 55: Losa auto-portante.....	84
Figura 56: principales causas de la corrosión de las armaduras.....	86
Figura 57: Causas 1 y 2.....	87
Figura 58: Protección galvanizada.....	88
Figura 59: Protección catódica.....	89
Figura 60: Aplicación NOVBETON	90
Figura 61: Preparación NOVBETON.....	90
Figura 62: Preparación NOVBETON II.....	91
Figura 63: Acabado NOVBETON.....	92
Figura 64: Inhibidor corrosión	92
Figura 65: Vista del castillo Vendeouvre	93
Figura 66: Proceso	94
Figura 67: Vista de tirantes.....	95

Figura 68: Vista en perspectiva, localización de tirantes	96
Figura 69: Proceso de pos-tensado.	96
Figura 70: Rehabilitación de Monumentos.	97

LISTA DE TABLAS

Tabla 1: Partidas del proyecto	36
Tabla 2: Método media-viga.	42
Tabla 3: Método de puntales.	43
Tabla 4: Parámetros jet Grouting	74
Tabla 5: Mejora de resistencias.	75
Tabla 6: Para dosificación de lechadas a/c de 0,67 a 1	75
Tabla 7: Materiales de refuerzo	79

INTRODUCCIÓN

El presente Informe de Competencia Profesional, como su nombre lo indica es un informe que sirve para sustentar la obtención del título profesional de ingeniero civil. En el cual el bachiller, puede demostrar las competencias que adquirió y aportar estos conocimientos a la comunidad interesada.

En convención con la Escuela de la Facultad de Ingeniería Civil y de acorde a las experiencias adquiridas dentro del ámbito de ingeniería, se optó el desarrollo del presente informe, orientado hacia la Rehabilitación de Edificios Históricos. El cual surge de la necesidad de poder brindar un documento práctico que sirva de apoyo a todos aquellos interesados en el tema. Y tomando como base la experiencia adquirida de proyectos desarrollados en Francia, país impulsor de políticas de conservación y restauración de patrimonio.

Para un mejor análisis del tema, y de acorde a la importancia del mismo, se ha dividido el informe, primordialmente en 3 partes. La primera, que se centra en la realización del diagnóstico técnico; etapa muchas veces obviada en este tipo de proyectos, debido a su simplicidad, aunque es de suma importancia, pues permite evaluar de manera exhaustiva las intervenciones a realizar.

La segunda parte, es el desarrollo de la rehabilitación integral del proyecto: Rehabilitación y puesta en operación de la normativa de seguridad vigente, de la Biblioteca Nacional de la Universidad de Estrasburgo. Proyecto de reconversión multidisciplinario, en el cual intervienen muchas técnicas de rehabilitación, la buena praxis metodológica, etc. Además este proyecto posee un gran riesgo debido a la magnitud y a los cambios estructurales que deben realizarse. Por lo cual se escogió este dicho proyecto, el cual será bastante ilustrativo para abordar el tema de rehabilitaciones y facilitar los análisis.

Por último se realizó una recopilación de los principales procesos de rehabilitación y reestructuración, que apoyados del avance tecnológico, ofrecen una variedad de métodos constructivos certificados, que son una herramienta de gran ayuda, para solucionar problemas ingenieriles dentro de la rehabilitación de edificios patrimonio.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Es a partir de los años 60 que en Europa, se comienza a plantear la rehabilitación de viviendas y edificios de los centros históricos de las ciudades. Y es en Italia dado su patrimonio urbano edificatorio, donde comenzó a existir una mayor preocupación, por el estado en el que se encontraba los palacios, iglesias, edificios antiguos, etc., Creándose así una corriente de opiniones a favor de la preservación de patrimonios, y su intervención oportuna para recuperar los valores identitarios de estas edificaciones.²

Este debate se traslada a toda Europa, y se extiende no sólo a la arquitectura monumental, sino a las edificaciones residenciales de los centros históricos. Concibiendo así una figura urbanística de protección de estas edificaciones, como son los Planes Especiales de Protección y Catalogación de edificios. Adoptándose así en 1964 la famosa «Carta Internacional de la conservación y la restauración» llamada también la «Carta de Venecia»³, la cual codifica los deberes de la restauración y la legibilidad de las intervenciones históricas sucesivas. Dicha carta compromete y vigila que las nuevas afectaciones no alteren el orden ni la decoración de los edificios; y que cada nueva intervención deba ser reversible. De manera general, la carta preserva la significación del edificio. Y demanda que sean utilizados los materiales y las técnicas tradicionales, y que además se pueda distinguir los agregados que no son originales a fin de que la restauración no falsifique la originalidad del patrimonio.

De igual manera se dieron otros acuerdos y normas que tienen por objeto el estudio pormenorizado de cada inmueble para determinar cuál debe ser protegido y asignarle un nivel de importancia, en concordancia con la catalogación al edificio. Las obras que se deberán realizar en estos inmuebles ya sean obras de mantenimiento, conservación, reparación, rehabilitación, etc. Dependerá del nivel asignado. Siendo el nivel más alto

² Jean-Claude Yon, Historia cultural de Francia del siglo XIX, Armand Colin, 2010, p. 57

³ La Charte de Venise 1964 – International Council on Monuments And Sites ICOMOS.

el de “BIC” (Bien de Interés Cultural)⁴ o también llamado en otros países Monumental, en el cual las obras a realizar están determinadas por Ley.

Y es a partir de los años 80 cuando el concepto de rehabilitación de viviendas se empieza a extender no sólo a los centros históricos sino a los barrios y otros ámbitos de la ciudad.

En nuestro país los casos de rehabilitación de edificios patrimonios son casos aislados, como ejemplos podemos citar los más representativos que se tiene como la Remodelación del Teatro de Lima, la Restauración de los Balcones de Lima, La Rehabilitación de la casona de San marcos, etc. Los cuales no siguieron un plan estratégico de recuperación de patrimonios, sino que fueron rehabilitados por políticas de necesidad local y social de acorde a la importancia y funcionabilidad del monumento histórico.

1.2. DOCTRINA DE LA REHABILITACIÓN Y SU EVOLUCIÓN

1.2.1. La Doctrina de Conservación y Rehabilitación

La doctrina de conservación, rehabilitación, restauración, reutilización y/o la adición de valor, no puede, ni debe ser generalizada, por lo cual es normal y deseable, la realización del estudio de un debate que permita a los diferentes especialistas el análisis de los diferentes procesos de rehabilitación.

La discusión debe ser de tipo analítica, por ejemplo: *¿Si un ruido debe ser el objeto de la restauración, entonces dicha restauración debe ser completa o parcial? o simplemente es una consolidación arqueológica que está en su último estado.*⁵ Teniendo también un énfasis en el funcionamiento o utilización del inmueble a rehabilitar, por ejemplo si dicho monumento tiene una vocación de museo, una función pedagógica, etc. Y por último tener en cuenta el objeto de la reutilización de dicho patrimonio.

1.2.2. Evolución de la Conservación y Rehabilitación

Los progresos son regularmente constatados gracias a la búsqueda científica y a la evolución de técnicas. Por ejemplo la cadena Europea del

⁴ Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español

⁵ Apuntes personales

patrimonio "Herein",⁶ permite la operatividad y la realización de convenciones relativas a los patrimonios arquitecturales y arqueológicos.

Lo cual permite el enriquecimiento de los debates sobre las operaciones y las técnicas de rehabilitación a fin de confirmar y precisar las recomendaciones por la carta de Venecia. Particularmente en Francia, se tiene la Comisión Nacional de Monumentos Históricos o Comisión Nacional de Sitios, Perspectivas y Paisajes.⁷ Existen otros programas de cooperación y de asistencia técnica, que a su vez integran la noción de conservación integral del patrimonio cultural, basándose en el principio integral de conservación que enuncian las líneas directrices de una política global, para salvaguardar y rehabilitar el patrimonio cultural tomando en cuenta su valor y rol dentro de la sociedad.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La rehabilitación de edificaciones es una acción constructiva o edificatoria que justifica su acción en mejorar algunas de las condiciones siguientes:

- La de habitabilidad de la edificación,
- La puesta en seguridad, de acuerdo a la nueva normativa de construcción.
- Puesta en seguridad estructural y constructiva, de protección contra la presencia de agua, humedades, de sus instalaciones.
- Habilitación de accesibilidad, de la iluminación natural y la ventilación interior,
- cambio de dimensiones, espacios interiores, exteriores, entre otras.

Estas acciones se pueden realizar tanto en el interior de las edificaciones, como en las zonas comunes de los edificios residenciales.

⁶ En la 4ta Conferencia Europea de Ministros responsables de la Herencia Cultural, celebrada en Helsinki por el Consejo de Europa en mayo de 1996, recomienda : " ... estudiar la puesta en marcha de un sistema permanente de información (la Red Europea de Información Heredada) que esté a disposición de los gobiernos, los profesionales, investigadores y especialistas del tema, que ayude a comprender la evolución del patrimonio en los diversos países , utilizando los logros alcanzados por el dossier sobre la política del patrimonio arquitectónico de Europa previamente establecido por el Consejo de Europa ... " . La Red del Patrimonio Europeo (Réseau HEREIN), es un sistema permanente de información reagrupada en el seno del Consejo de Europa.

⁷ (CRPS) instaurado por la ley n° 97-179 del 28 de febrero de 1997 incorporando una herramienta de integración de espacios verdes.

Cuando la rehabilitación, afecta a su estructura, cubiertas, cerramientos exteriores, instalaciones, acabados de albañilería, pavimentos, carpintería, etc. Entonces se denomina rehabilitación integral de la edificación.

1.4. DEFINICIÓN DE OBJETIVOS

1.4.1. Objetivos generales

Las finalidades del presente informe de competencia profesional serán las siguientes:

- Servir de apoyo a todos los ingenieros o participantes en la elaboración de un proyecto del tipo rehabilitación de edificios patrimoniales.
- Brindar un alcance general sobre las etapas y procesos más importantes en la rehabilitación de edificios históricos.
- Ofrecer un seguimiento de las mínimas condiciones de calidad, seguridad estructural y constructiva, dotando a los elementos estructurales condiciones adecuadas en cuanto a resistencia mecánica, estabilidad y aptitud de servicio.
- Mostrar los nuevos métodos de rehabilitación, considerando el adelanto tecnológico y ejemplificando su aplicación en casos reales.
- Ayudar a mejorar las condiciones de accesibilidad mediante la supresión de barreras arquitectónicas y la adecuación funcional a las necesidades de personas con discapacidad.
- Mejorar la disposición y dimensiones de los espacios interiores.
- Ofrecer un alcance sobre la complejidad de las tareas, sus riesgos, etapas, etc. Así como la interacción entre los diferentes especialistas del proyecto.

1.4.2. Objetivos específicos

Se tiene como objetivo específico brindar definiciones, etapas importantes a considerar, procesos, metodologías, y otorgar un alcance de las buenas prácticas, en la rehabilitación de edificios patrimoniales, pudiendo ofrecer un alcance a las personas involucradas o que deseen involucrarse en proyectos de esta índole.

CAPÍTULO II: DIAGNOSTICO TÉCNICO

El presente capítulo, trata de manera ilustrativa a través del proyecto realizado por la empresa EPM ingeniería,⁸ la cual tuvo a su cargo la rehabilitación y la realización del diagnóstico técnico del Ministerio de Extranjería, ubicado en la Avenida d'Orsay N° 37 (Paris – Francia).

Inicialmente construido como un hotel durante el ciclo XIX, y que posteriormente fue utilizado para trámites del Ministerio (ver Panel fotográfico – Anexo 1). Sin embargo se puede apreciar la gran arquitectura y patrimonio que destaca a simple vista, pues se observa el gran hall de recibimiento, la sucesión de salones ricamente decorados que son parte de la recepción del ministerio.

Este proyecto, permitirá observar la importancia de esta etapa, y de lo complicado que puede ser la recolección de información histórica, así como la complejidad de las reuniones entre arquitectos, ingenieros y maestros de obra. A fin de encontrar la metodología más adecuada, tratando siempre de respetar el cronograma de obra.

La cámara fotográfica simplifica y ayuda mucho en esta etapa, para la deducción lógica y para la posterior superposición de información, que tienen como objetivo la reconstitución de los planos. Así podemos plasmar mejor el rol del diagnóstico.

Un claro ejemplo de esto, es que mientras se terminaba de realizar el inventario de las puertas y ventanas. El jefe de proyecto solicitaba, cuantas bisagras tenían estas puertas, pues el servicio de seguridad deseaba integrar vidrios antibalas, compuestos de varias láminas de cristal, que lo hacían demasiado pesado, y que obviamente la carpintería no iba ser capaz de soportar el peso, a lo cual el jefe de proyecto exclamo *¿cómo es que no se pensó en realizar un conteo de las bisagras?*⁹ Felizmente buscando dentro del inventario de puertas y del panel fotográfico que indicaba todos sus componentes, sirvió para resolver este problema. De esta manera vemos la importancia de la etapa de reconocimiento y diagnostico a esta pregunta tan simple, de la cual se retiene como anécdota, que: *“Un ingeniero no solo realiza los planos, sino que debe comprender la lógica del edificio y de sus elementos”*.

⁸ EPM Ingenierie, Empresa Francesa, dedicada al estudio de Estructuras de Concreto Armado

⁹ Apuntes personales

2.1. EL DIAGNOSTICO

Una evaluación necesaria antes de realizar cualquier intervención de rehabilitación.

Antes de comenzar cualquier tarea, conviene analizar la definición de la problemática del estudio, por lo cual es necesario detenerse en el análisis de la consistencia del proyecto. De esta manera se podrá limitar el campo del Diagnóstico, el cual es elaborado en función del tipo de rehabilitación a realizar.

Así, podemos citar tres tipos importantes de rehabilitación:

- La Restauración.
- La Reestructuración.
- La Reconversión.

Los tres casos de rehabilitación se diferencian básicamente por el nivel de intervención a realizar. Así en una restauración se limita a la recomposición del edificio, de tal manera que el objetivo es obtener un edificio copia fiel del original. Mientras que una reestructuración, no se limita solo a la recomposición, sino también a reestructurar la edificación, es decir afectar la estructura primaria, debido al grado de degradación o a la extensión o nuevas áreas que necesita la edificación, guardando siempre el mismo funcionamiento del edificio. Y por último podemos citar la reconversión la cual viene a ser una suma de las dos anteriores con la finalidad de rehabilitar una edificación, pero con el objetivo de cambiar el funcionamiento de la edificación.¹⁰

El proyecto del Ministerio de Extranjería trata de una reconversión de edificios.

Cuando hablamos de una restauración, el ingeniero debe efectivamente meterse sobre la piel de aquel que construyó el edificio. Debiendo tener una idea clara de la concepción inicial, pero igualmente de la puesta en obra de los materiales y de las técnicas de construcción empleadas, pues su role es el de restablecer el edificio a su aspecto original.

¹⁰ Georges Duval, Restauración y utilización de Monumentos antiguos, técnicas contemporáneas.

La práctica de la restauración implica entonces que el ingeniero tenga un conocimiento profundo del contexto de la existencia del edificio sobre el cual se pretende trabajar.¹¹

¿Sirve este conocimiento profundo?, ¿ayuda este conocimiento profundo a realizar la tarea de rehabilitación más fácil?, ¿Es que todo ingeniero, cualquiera sea su práctica, debe establecer diagnósticos aún más detallados de esos que existen, en una obra de rehabilitación?

Para responder a estas preguntas, se buscara comprender de manera amplia, como un diagnostico establece: cuales son los recursos puestos en obra; cuales son los actores que entran en el juego de la constitución del diagnóstico, cual es el aporte de cada uno de los participantes y finalmente cual es el rol del ingeniero dentro de todo el diagnóstico. Buscando comprender en que dicho análisis producto de la práctica, se emplaza en un role básico e inicial de todo proyecto de rehabilitación.

Igualmente se apreciara que este conocimiento especializado llevado sobre el proceso de rehabilitación de un edificio, constituye una base de referencia y que participa a la construcción de una forma de cultura constructiva del ingeniero, de manera inconsciente, pero útil a lo largo de su profesión. Para todo esto es necesario primero describir, el contexto arquitectural en el cual nosotros evolucionamos, para comprender que el diagnostico se convierte en una etapa obligatoria en todo práctica profesional.

2.2. EL CONTEXTO ARQUITECTURAL

El contexto arquitectural de nuestro país, es muy diferente al de Francia, pues cerca del 50% de la población francesa, conoce y vive dentro de la arquitectura correspondiente al edificio patrimonio, y que según un sondeaje impulsado por Monitor¹² (Entidad Institucional en obras, del tipo Capeco en Perú). El patrimonio edificio, se coloca entonces en el inconsciente colectivo muy delante las construcciones contemporáneas y de las grandes obras ingenieriles.

En Europa, y principalmente en Francia, la intervención sobre lo existente (rehabilitación, mantenimiento, mejoramiento) es una de las primeras

¹¹ Pascale Joffroy, La rehabilitación de edificios.

¹² Le Moniteur, (BT203)

actividades de la construcción, pues se hace difícil, crear un proyecto que se implante en un espacio virgen de toda construcción. Entonces el trabajo a realizar sobre el existente se convierte en una realidad para todo ingeniero, porque él se implanta por definición en un lugar y dentro de un contexto que se debe estudiar antes.

La actitud que consiste simplemente destruir todo aquello que nos molesta para construir un edificio, no es válido el día de hoy. Pues en la actualidad se busca más en crear una conexión, coherente con el tejido urbano y de cierta manera, legalizar el diagnóstico como un paso obligatorio desde que se sabe que es necesario intervenir en conexión con lo existente.

Aunque nuestro país; cuente con espacios libres en los cuales podamos diseñar y establecer una arquitectura nueva, debemos recordar que vivimos en un mundo globalizado, en el cual las normas de protección y las políticas mundiales, se consideran dentro de las locales, lo cual hace y hará más necesario la oportuna intervención que permita el resguardo del patrimonio y la no destrucción del tejido urbano, notamos así que la disciplina de la rehabilitación es relativamente nueva en nuestro país.¹³

2.3. EL ROL DE LOS ESPECIALISTAS

El diagnóstico es un análisis muy completo del estado del edificio, en consecuencia, hace llamado a una diversidad de actores que proveen cada uno un estudio y una producción de datos a destinación del ingeniero. En el caso de la restauración de un edificio clasificado, y más precisamente sobre el Ministerio de Extranjería, podemos citar los siguientes profesionales:

- *Los documentalistas e historiadores del arte;* constituyen un histórico del edificio e investigan todos los documentos pudiendo transcribir su uso, a la postura del ingeniero que construye. Fotos, archivos, documentos administrativos, y todo elemento que puede testificar la evolución del edificio, los eventuales trabajos o extensiones que fueron realizados o las observaciones y criterios formulados en el curso del tiempo.

¹³ Apuntes personales

- *Los cadistas*; intervienen para reproducir un registro de la volumetría del edificio. Ellos diseñan los planos y cortes que el ingeniero necesitara, sin llegar a detalles, las preguntas estructurales no son parte de su atribución, el registro de estas se hace a partir de instrumentos laser, que describen únicamente el volumen aparente. A ese volumen son agregados las diferentes especialidades: electricidad, agua, gas, etc.
- *Los arqueólogos y los encuestadores*; determinan la naturaleza de los materiales utilizados. El caso de los diversos conjuntos de materiales; las encuestas sucesivas identifican el material utilizado para cada parte de la decoración, así como las capas sucesivas de pintura usados con el tiempo. Esta información es una prueba real de la apariencia, que el edificio tenía y de que estaba cubierto. En el caso del Ministerio de Extranjería, en los salones se encontraron cuatro capas de diferentes pinturas que enmascaran la decoración original. En los techos, se encontró pintura blanca cubierta de un cielo nublado, el tratamiento de las paredes ocultaban la monumentalidad de la escalera y el portal de mármol de imitación, que solo era pintada de un color gris claro porque en realidad era una imitación de madera.
- *Los fotógrafos*; son una base de datos de imágenes utilizadas como referencia en el estudio del conjunto de datos.
- *Los ingenieros*, proporcionan el diagnóstico estructural del edificio. Se trata de aislar las causas de los movimientos y de la debilitación de la estructura. En la edificación en estudio las mediciones se llevaron a cabo para aislar las causas de este cambio y si este movimiento progresó en el tiempo para calibrar la naturaleza de una posible intervención en la estructura.
- *Los geólogos*; proporcionan experiencia en la formación del suelo y por lo tanto de la naturaleza de los cimientos del edificio. Así en la edificación del ministerio, se observó un problema de densidades del suelo lo cual estaba causando la inclinación del edificio.
- *Artesanos*, como techadores, carpinteros, también ayudan a realizar un informe sobre el estado de techos y de la carpintería para la acción futura.

Todos estos datos constituyen una base de datos objetivos. Pero, ¿cuál es el papel del ingeniero en todo esto? De hecho, es sintetizar e interpretar los datos para crear documentos útiles, que sirvan a la comprensión a fondo del edificio. De esta manera se debe seleccionar lo más relevante.

Entonces el primer trabajo a realizar será el de limpiar la información de los planos, es decir obtener una estructura limpia, pues muchas veces en estos se cita información de las distintas especialidades, textos, notas, etc. Además de las escalas, que generalmente no son útiles cuando se trata de hacer un inventario de las decoraciones. Del mismo modo, el grosor de las líneas y el nivel de detalle que ciertamente no corresponden necesariamente con lo que se espera, según los documentos. Entonces la tarea del ingeniero es volver a interpretar los planos, adaptar su uso al futuro proyecto de rehabilitación, recuperar la información que puede perderse, y poder añadir el uso de los diferentes elementos para cada parte que abarca el estudio.

El ingeniero debe aportar un valor añadido a estos documentos, que tiene la información recopilada de los diferentes actores ya mencionados, y comprender el edificio a rehabilitar, teniendo en cuenta la complejidad del mismo.

2.4. CONSTITUCIÓN DE UN ANÁLISIS FUNDAMENTAL COMPLEJO.

El análisis fundamental complejo, define el hecho de que las ramificaciones de un problema pueden ser muchas, es así que un proyecto de rehabilitación responde a lo que llamaríamos un pensamiento complejo,¹⁴ pues la respuesta a este tipo de proyectos, toma en cuenta muchos parámetros simultáneamente. De tal manera que se puede definir el diagnóstico, como una clara ilustración a este tipo de concepciones complejas.

El objetivo del ingeniero cuando realiza un diagnóstico, será entonces el de fundamentar un pronóstico de la evolución del edificio y el de proponer una o varias soluciones que tengan en cuenta esta famosa complejidad del contexto.

¹⁴ Apuntes SOCOTEC, Empresa Consultora y de Supervisión.

De tal manera que el diagnóstico se hace un conjunto de análisis objetivos, que hace referencia y que permite al ingeniero entender el contexto.

Además la complejidad inducida en el diagnóstico, es necesario precisar que esta etapa debe conducir a la constitución de un base data de referencia, el cual está constituido de unas primeras notas, bosquejos, esquemas, etc. Esta base grafica es una síntesis del diagnóstico, sobre la cual se apoyara la siguiente etapa: "la búsqueda del objetivo, mediante la simulación gráfica".

Esta investigación es una generación iterativa de soluciones que serán evaluadas por el diagnosticador y puestas en operación, obteniendo así una producción sucesiva de nuevas soluciones más pertinentes. De ahí la idea de la "reducción de la incertidumbre".¹⁵

Es interesante observar que el diagnóstico, considera dentro de su estudio el establecimiento del lugar, el cual es esencial para la próxima generación de soluciones. De tal manera de proponer "respuestas" pertinentes, para lo cual se debe identificar claramente los "problemas" y evocar la configuración de un lugar en todos los planos de la existencia, ya sean físicos, geológicos, económicos o sociales.

Según la experiencia de EPM ingeniería, una empresa dedicada a la rehabilitación de patrimonios, los edificios históricos, nos enseñan, su estudio y el método que se debe establecer en obra para restaurarlos. Os cuales se aprenden comenzando por leer la arquitectura, comprender los actores que implica cada parte de la construcción, y es de esta comprensión que se extrae las soluciones más pertinentes, las cuales se fundan en un análisis crítico que toma en cuenta el contexto. Françoise Choay,¹⁶ reconocido autor en historia del patrimonio, quien evocaba en su libro "Alegoría del patrimonio" que este, es un fiel testimonio de que la humanidad se esfuerza por mantener sus monumentos históricos, determinando así la competencia para construir.

¹⁵ Jean Charles Lehaber, el diseño del arquitecto.

¹⁶ Françoise Choay, reconocida historiadora de formas urbanas y arquitectura, ganadora del premio el Libro de arquitectura en el 2007-Francia.

Es decir, el arte de construir bien, con una puesta armoniosa en obra de los materiales.

Retornando a la modelización de la concepción arquitectónica por Jean Charles Lehabar,¹⁷ es necesario señalar que el diagnóstico es un proceso incremental e iterativo de la concepción, el cual implica un retorno de la experiencia que influye de una u otra manera en la comprensión más detallada del contexto y por lo tanto en una redefinición permanente de la tabla de referencia después del diagnóstico.

Concretamente, el acto de la concepción enriquece el análisis que el ingeniero realizó y este análisis llegara a ser la nueva base de referencia, futuro soporte de una nueva solución. Así mismo en práctica, resulta que la concepción y el diagnóstico se entrelazan entre sí.

2.5. LA OBSERVACIÓN COMO EJEMPLO.

Las patologías de una edificación son problemas que se encuentran y que amenazan la integridad o el buen funcionamiento del mismo. Estos problemas pueden ser de cualquier tipo: defectos estructurales, pérdida de resistencia, filtraciones, fugas, grietas, fisuras, etc.

Como en la medicina, ante estas patologías, no es suficiente tratar los síntomas. Sino también de comprender que los crea, de saber si se trata de un defecto de diseño, si se tratara de encontrar una solución que compense este error, aunque más tarde aparezcan inexorablemente estos síntomas.

El diagnóstico es igualmente un término médico y en el caso de las definiciones de patologías, él tiene exactamente el mismo rol que en el de salud. En realidad se trata efectivamente que a partir de los análisis y de la lista de síntomas, determinar las causas de la degradación del edificio. Y en el contexto de una restauración o mantenimiento de un edificio, en el cual la principal razón es la falta de mantenimiento, que muchas veces es subestimado, como síntoma de un diagnóstico.

¹⁷ Jean Charles Lehabar, El Diseño de la Arquitectura, Simulación gráfica y el grado de incertidumbre, Marsella 1983.

Una vez reunidas las causas, es necesario constituir un pronóstico de la evolución de estas patologías y jerarquizar las intervenciones futuras. Al final de este pronóstico, el ingeniero puede evaluar fácilmente la idoneidad de las soluciones que propone, antes de la renovación y el tratamiento de los síntomas.

En el Ministerio de Extranjería, el mayor daño se debe a la situación de uso. Las fachadas están sucias debido a la contaminación, los zócalos están dañados por el paso regular de los usuarios, los ornamentos y luminarias empañados de polvo, por falta de mantenimiento, los pisos manchados y debilitados por el peso de la gente, la pintura descascarada, y la presencia de fisuras superficialmente. Sin embargo, otro tipo de degradaciones pueden ser mejor controladas: como la diferencia de humedades y de temperatura que son responsables del origen de la deformación de numerosas piezas de madera que constituyen la decoración. Así mismo el encastramiento de puertas y ventanas es testimonio de los problemas de permeabilidad del aire: además de la limpieza de la carpintería, es necesario entonces tomar el sistema de bloqueo y masilla de acristalamiento.

El problema crítico del edificio, es del tipo estructural. Pues existe un fisuramiento muy importante a lo largo de toda la altura del edificio en el cruce del cuerpo del frente y de la fachada principal. La experiencia estructural permitió medir el desplazamiento del cuerpo del frente, que efectuó una inclinación hacia adelante, generando fisuras en el mismo. Para resolver eficazmente el problema, la solución propuesta fue la de integrar un tirante a través del muro que retome los esfuerzos de inclinación. El informe también pone igualmente en iluminación la causa de esa inclinación que se debía a la diferencia de densidades del suelo, y en consecuencia afectó la fundación. Que provocó asentamientos diferenciales en la estructura.

Un primer factor considerado para que exista este asentamiento, se debe a la existencia de un bunker en los jardines del ministerio, el cual data de los

años 70, lo que originó una mayor consolidación de los suelos, que provocó un deslizamiento hacia esta zona.

Un segundo factor fue: el descenso del agua de lluvia, pues el sistema de drenaje era insuficiente. Y que para evitar las infiltraciones de agua en el interior del edificio, se colocaron tubos de bajada, notablemente sobre los ángulos correspondientes al cuerpo delantero Este. Pero el agua descargada directamente en el terreno, infiltrándose masivamente en el suelo. Causando un exceso de agua superficial estancada, cada vez después de una gran precipitación habría ocasionado el cambio de la densidad del suelo, por lo que este se hacía más suave y ligero, provocando mayores asentamientos.

En esta observación que conviene remarcar, podemos apreciar que un simple problema de evacuación de aguas en el tiempo, puede provocar muchos problemas graves en la estructura principal del edificio. Por lo cual se debe estudiar la cadena de causas y efectos, la cual es difícil de discernir, haciendo que el diagnóstico sea estudiado en partes según la especialidad. Y es trabajo del ingeniero unir toda esta información de la cual se dispone.¹⁸

De la conclusión anterior, se puede ver la importancia de la experiencia. Pues esta situación y muchas otras son finalmente problemas comunes entre un edificio y otro. Lo cual constituye para el ingeniero un desconocimiento grande, pudiendo así con la experiencia formar una cultura constructiva, que le permitirá marcar rápidamente los problemas que se encuentren. Pues en el diagnóstico es de suma importancia poseer estas competencias, que permitirá constatar el diagnóstico del establecimiento.

De donde podemos afirmar que un diagnóstico desde el punto de vista del peso de la experiencia, constituirá un saber realizar, el cual se podrá reutilizado en otros proyectos.

¹⁸ Apuntes personales

Finalmente se podría afirmar que el valor del ejemplo y la experimentación concreta. Ayuda a efectuar a que un diagnóstico se enfrenta a la realidad de las patologías, a la naturaleza de los materiales, y a su evolución en el tiempo. Este es un paso que proporciona un profundo conocimiento de los procesos físicos y mecánicos que actúan sobre un edificio durante su existencia.

2.6. COMPRENSIÓN DEL EDIFICIO Y SISTEMA CONSTRUCTIVO.

Finalmente, se evocara la cuestión del sistema constructivo. Y más allá de las patologías y del funcionamiento interno del edificio, efectuar un diagnóstico es decorticar enteramente el diseño de otro. Pues se trata de comprender los pasos y posturas de otra persona, quien diseño, y materializo el edificio. Es también una manera de dar un paso hacia atrás de acuerdo a la práctica realizada y un medio de formar su propio enfoque en relación con lo existente.

En el caso particular de la rehabilitación, el estudio del sistema constructivo, es de suma importancia y debe ser estudiado a detalle. Pues se debe realizar en los primeros instantes del proyecto y donde se deben absolver preguntas como ¿Qué postura adoptar? ¿Se debe conservar todo o parte del edificio? ¿Qué es lo que se quiere transmitir cuando se interviene esta edificación? ¿Cuáles son las diferentes modalidades de insertar una nueva forma en un edificio ya existente? A continuación se citara varias de entre ellas:

- *Conservar*: La conservación es la postura de la intervención más tradicional. Pues se trata de poner en valor el edificio antiguo siendo lo más discreto posible durante el procedimiento. Donde el edificio debe de poder existir solo y cumplir su rol de monumento. Sin embargo, las opiniones difieren en cuanto a la conservación, dos posiciones se enfrentan después del siglo 19:
La restauración defendido por Eugene Viollet-le-Duc,¹⁹ defensores de la rehabilitación del edificio tal como su diseñador original la había dibujado. Así para restaurar, es necesario reconstruir las

¹⁹ Eugène-Emmanuel Viollet-le-Duc, Arquitecto, Arqueólogo y Escritor Francés, defensor de la Teoría de la Restauración, opositor de John Ruskin.

partes dañadas del edificio, usando las mismas técnicas y materiales. Destruyendo las construcciones enfermas que han alterado el conjunto, terminando el edificio de manera coherente al diseño original.

La conservación Ruskinienne²⁰ consiste en guardar un edificio tal cual es, como un testigo de todas las pruebas del tiempo. Definiendo un monumento histórico como un conjunto organizado que es necesario sostener (en la restauración lo menos posible) pero que es necesario también dejarlo morir.

Esta corriente que se opone firmemente a Eugene Viollet-le-Duc, haciendo que el debate entre restauración y conservación sigue vivo hasta el día de hoy.

- Oponerse: La oposición se inscribe en una lógica de contraste claro con el edificio existente. Las partes nuevas se insertaran en una lógica totalmente independiente incluso en detalles tan minúsculos como un antiguo sócalo. Y se trata de asumir la confrontación entre dos sistemas de pensamiento, dos tratamientos, dos materiales. Esta postura es por lo tanto más fuerte que permite al usuario leer ambos sistemas de construcción y sus diferencias.
- La reinterpretación: la reinterpretación del existente consiste en desviar el sistema constructivo del antiguo edificio para proporcionar una escritura contemporánea que le corresponda. Por ejemplo, la reutilización de un tijeral pero cambiando los materiales puestos en obra, o mediante la reutilización de una manera diferente. Esta postura requiere que el ingeniero tenga una lectura muy aguda de lo existente.

A menudo, se trata del arbitraje entre todas estas modalidades de inserción, como también la reconversión de edificios antiguos, que deja la cualidad de sugerir un mayor espacio. En un espacio aparentemente limitado.

²⁰ John Ruskin, escritor, crítico de arte y sociólogo británico.

CAPÍTULO III: REHABILITACIÓN DE LA BIBLIOTECA NACIONAL DE LA UNIVERSIDAD DE ESTRASBURGO.

3.1. PRESENTACIÓN GENERAL DEL PROYECTO

3.1.1. Descripción General

La operación de rehabilitación del edificio patrimonio, se inscribe dentro del proyecto titulado **“Rehabilitación de la Biblioteca Nacional de la Universidad de Estrasburgo”** que engloba el edificio Joffre, el edificio República y un tercer edificio sobre la calle Fischart, el cual lleva el mismo nombre.

Este proyecto, consiste en modernizar, reestructurar y ampliar el edificio existente en 7 niveles, preservando todas las fachadas y tejados, clasificados como monumentos históricos. El cual integra la refacción de los vitrales centrales, pero no comprende la renovación de las fachadas, comprendiendo la construcción de 13,350 m² de nuevas losas y la rehabilitación de 4,400 m² losas a conservar.

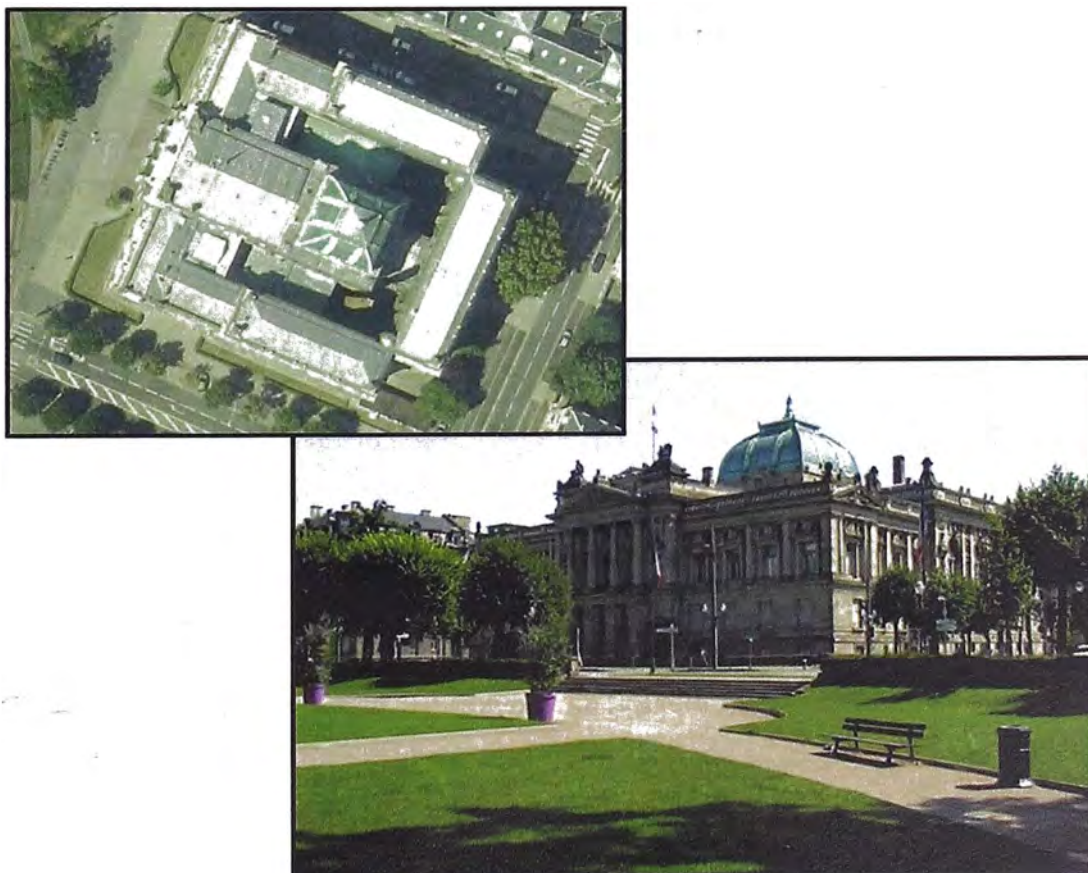


Figura 1: Vista de la BNU de Estrasburgo.

3.1.2. Registro Histórico de la BNU

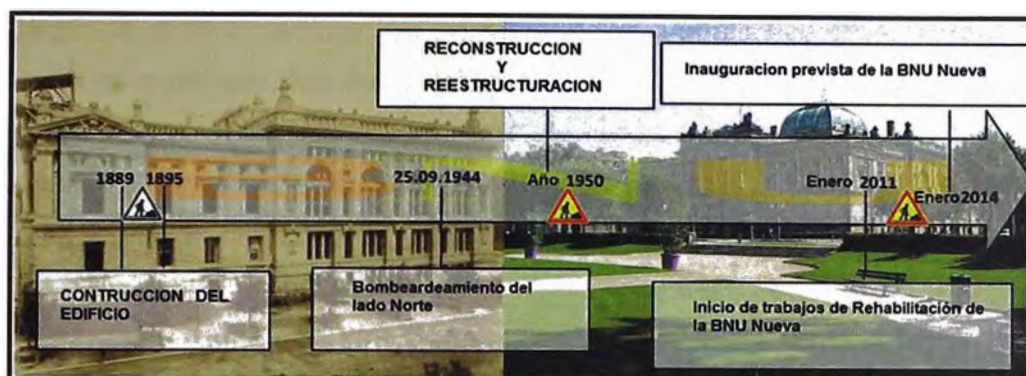


Figura 2: Síntesis de Grandes fechas de la BNU.

Construcción en el imperio Alemán.

La construcción de la Biblioteca Nacional Universitaria (entonces llamada Kaiserliche Universitäts-und Landesbibliothek von Straßburg) diseñada por los arquitectos alemanes Auguste Hartel y Skjold Neckelmann, con un estilo renacentista italiano, respetando la línea de las grandes realizaciones alemanas de la época, que fueron encontrados en diversas partes del distrito.

La biblioteca se inscribe dentro de la evolución de la arquitectura de las bibliotecas del siglo XIX. Fue en este periodo que las bibliotecas pasan de la forma de «bibliotecas-hall», con los estantes dispuestos alrededor de la sala donde son reunidos los libros y lectores. A la forma de «librerías».

A su inauguración en 1895, después de seis años de construcción, la biblioteca ya contaba con 700,000 volúmenes provenientes de donativos y adquisiciones hechas después de 1870. Devastada por un incendio provocado en la guerra de 1870.

Un modelo único en Francia después de la Primera Guerra Mundial.

Después de la guerra de 1914 - 1918 y el retorno de la provincia de l'Alsace-Moselle a Francia, se realizan la siguiente interrogante del estatus de la biblioteca, que era administrada por el estado y el gobierno regional. Es así que en 1926, pasa a ser biblioteca nacional y universitaria, estatus único en Francia. Pasando a ser un establecimiento público nacional de carácter administrativo, bajo la administración del Ministerio de la instrucción pública y de bellas artes.

Periodo oscuro durante el segundo conflicto mundial.

La segunda guerra mundial fue un periodo, muy conflictivo para la BNU, pues en este periodo, fue evacuada en parte a la zona libre de Clermont-Ferrand. Así en 1941, las autoridades alemanas y el gobierno de Vichy, ordenaron el repatriamiento de la colección a Estrasburgo.

Pero el 25 de septiembre de 1944, una bomba golpeo la BNU del lado norte, dañando la gran sala de lectura y las librerías del lado norte. En noviembre del mismo año, una parte de las colecciones almacenadas en la Municipalidad de Barr, fueron incendiadas consecuencia de los combates.

Antes de quitarse de Estrasburgo, las tropas de ocupación alemana, se trasladaron al interior del Reich, llevando consigo importantes conjuntos de colecciones. A la liberación de las tropas, encontraron más de 44 estantes, que estuvieron en el castillo Zwingenberg, 33,000 volúmenes en Staats- und Universidad de Göttingen, Hohenheim... La búsqueda continuó en muchas otras regiones: Hesse, el lago de Constanza, Bosque Negro... En total, durante el período oscuro, se estima una pérdida de la BNU a cientos de miles de libros (destrucción, robo, censura, etc.)

La primera renovación importante (1950)

En los años 50 fueron consagrados a la reconstrucción y una importante reestructuración de la BNU, financiados a través de los donativos para las reparaciones de guerra. El arquitecto François Herrenschmidt modernizo, los espacios y desapareció las decoraciones neo-grecas y neoclásicas características del periodo alemán sobre-elevó el nivel de la sala de lectura con el fin de ganar espacios para una mayor superficie de almacenamiento.

A partir de 1959, el crecimiento de colecciones y el aumento del número de lectores, conllevaron a una extensión de la biblioteca, fuera del espacio, el cual se ubicado en la calle 6 Place de la Republique. En 1976 el edificio rue du Maréchal Joffre fue adquirido y unido al edificio principal a través de un túnel y en 1992, se realizó trabajos de albañilería, que modificaron la organización de las salas de lectura.

El nuevo proyecto de la BNU: una segunda renovación 60 años después.

Desde su construcción en 1890 hasta su primera renovación en 1950, pasaron sesenta años, para que se apruebe otra nueva renovación. Siendo esta la segunda biblioteca de Francia en términos numéricos, y la primera en resguardar colecciones egiptológicas europeas, llegando a ser la primera biblioteca de educación superior, y primer proveedor de préstamos inter-bibliotecarios en Francia. El proyecto igualmente tuvo como objetivo el de continuar desarrollando los centros de excelencia con el fin de hacer perdurar su reputación a escala nacional y sobre todo en Europa.

3.1.3. Objetivos en términos de seguridad

Aparte de las reformas importantes, y de la rehabilitación pesada, el proyecto también consiste en las modificaciones para "la puesta en seguridad, accesibilidad a los discapacitados y protección".

El origen del proyecto viene de la necesidad de rehabilitar el edificio y de la insuficiencia en seguridad y protección, contra incendios, además de la falta de conformidad con la reglamentación actual.

Efectivamente, el edificio presentaba, grandes riesgos, como:

- Columnas metálicas que atraviesan la losa de zona central
- Número insuficiente de Unidades de Paso (evacuaciones de humo)



Figura 3: Columnas que atraviesan la Losa.

Desde el punto de vista de seguridad contra incendios, se tiene:

- La falta de accesibilidad de los bomberos a las fachadas.
- El grado de estabilidad contra el fuego de la estructura.

- El número de salidas de escape y las distancias reglamentarias.
- Problemas de concepción del sistema de humo, eléctrico y de seguridad contra incendios.

Por otra parte, de un punto normativo, en lo que concierne al hall de atención al público y de las personas discapacitadas. Se centra en:

- La accesibilidad de personas discapacitadas al edificio.
- La accesibilidad en la circulación horizontal y vertical
- La falta de normatividad e implementación de la puesta en seguridad de los sanitarios públicos y del personal
- Verificación de que las dimensiones de las puertas y pasillos cumplan la reglamentación.
- La señalización, iluminación, revestimientos del piso interior adaptado a los discapacitados.

3.1.4. Objetivos en Términos de Arquitectura y Estructura

Arquitectural.

Además de la necesidad de implementar la compatibilización con la normativa de seguridad y accesibilidad actual, el proyecto pretende una modificación fundamental al interior del edificio, para darle un aspecto moderno, estético, práctico, más funcional y convivial para los usuarios. El punto central de la arquitectura, concierne a la escalera monumental, situada debajo de la cúpula central, la cual será iluminada a través de un prisma de difusor de luz, desde lo alto de la cúpula.

El espacio abierto así creado, hará recordar la configuración original de la biblioteca. (Foto debajo adjunta)



Figura 4: Vista sobre la sala de lectura – Año 1900.

Estructural.

- Actualización a la normativa y conformidad de la capacidad portante de pisos y losas, de las sala de lectura y almacenamiento.
- La adición continua de estanterías, ha requerido, el uso de un sistema de soporte vertical en todos los niveles, el cual no respetan el grado de estabilidad al fuego, por lo que las losas, serán remplazados, para lograr una capacidad portante de 1,200 kg/m²
- Puesta en conformidad de la estructura con respecto a la normativa sísmica.

La estructura del edificio, no cumple con la reglamentación sísmica actual, y tiene como objetivo aumentar el espacio de almacenamiento de libros, con el fin de adquirir colecciones suplementarias, mejorando la capacidad de servicio y confort para los usuarios (apertura de una cafetería, espacio de conferencias, etc.). Además de satisfacer los requisitos de la era de la conectividad y desarrollar recursos digitales e informáticos.

3.1.5. Objetivos en Términos de Patrimonio

Una intervención sobre un edificio histórico, muy conocido dentro del panorama de la capital alsaciana y cuya fachada principal se abre sobre la Plaza de la Republique, trae consigo el deseo de conservar el registro histórico del interior del edificio. Cuya renovación principal será realizada en los niveles 4 y 5 de las librerías, tanto en el mobiliario como en la escalera a fin de ganar espacio.

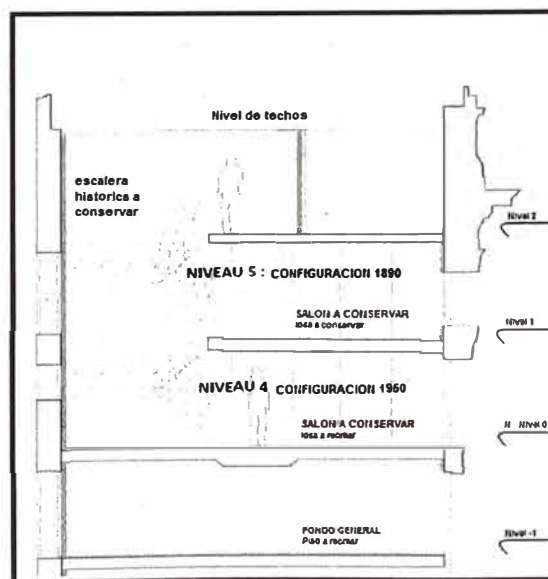


Figura 5: Corte sobre los salones a conservar.

3.1.6. Organización del Edificio Existente.



Figura 6: Organización interior del Edificio existente.

El edificio existente, se divide en 4 partes:

- o Una zona de entrada lado Oeste, que constituye el acceso principal al edificio, salones administrativos en el primer y segundo nivel y salas de lectura en el tercer nivel.
- o Un núcleo central sobre-elevado por una cúpula. El núcleo se compone de un anillo interior que sostiene directamente la cúpula y un núcleo externo que contribuye al primero.
- o Tres salas de lecturas sobre 8 niveles, donde se almacenan los libros (no accesible al público).
- o 2 corredores interiores.
- o 3 edificios de unión que se conectan a las salas de lectura en la parte central.

3.1.7. Organización del Edificio Futuro.

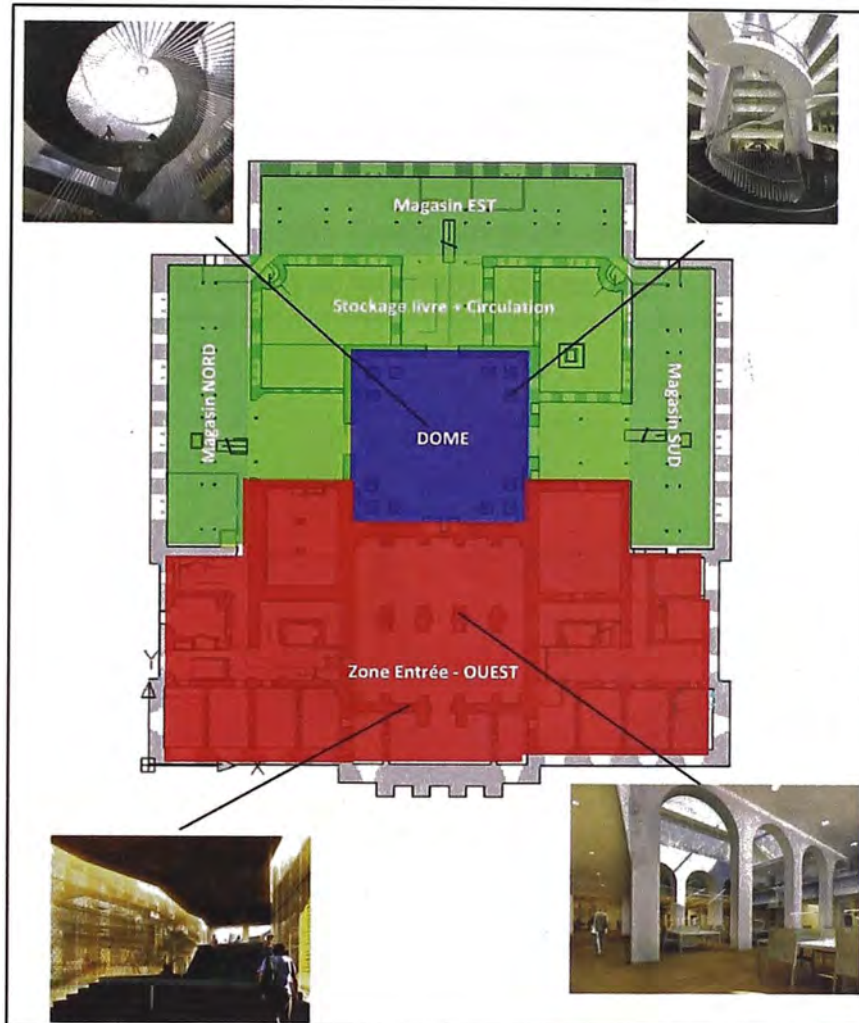


Figura 7: Organización interior del proyecto.

3.1.8. Diferencias respecto al existente.

El edificio reestructurado consumirá menos energía y se beneficiará de nuevas salas de lectura, de una cafetería y una sala de exposiciones. Los asientos serán mayores, pasando de 500 a 660. Y 200,000 documentos serán de libre acceso, contra 30,000 que son actualmente. Se aumentará los espacios para el almacenamiento suplementario de libros. En lo que concierne a los espacios interiores, se destruirá casi la totalidad de losas, para luego ser reconstruidas.

Con respecto al edificio existente, los principales cambios conciernen:

- En la cúpula: Se realizarán trabajos de movimientos de tierra que permitirán ganar un espacio suplementario en el primer nivel (salón de exposición/auditorio). A partir del segundo nivel, una escalera permitirá acceder a todos los pisos hasta la cúpula. Desde la entrada,

los visitantes accederán a este nivel vía el atrio (1 sobre el corte de la Figura 9). El espacio debajo de la cúpula será abierto y puesto en valor a través de un prisma de difusión de luz, alrededor del cual será construida una escalera helicoidal que servirá para acceder a los diferentes pisos abiertos al público y las salas de lectura (2 sobre el corte de la Figura 9). Desde un punto de vista estructural el sistema portor de la cúpula es totalmente diferente.

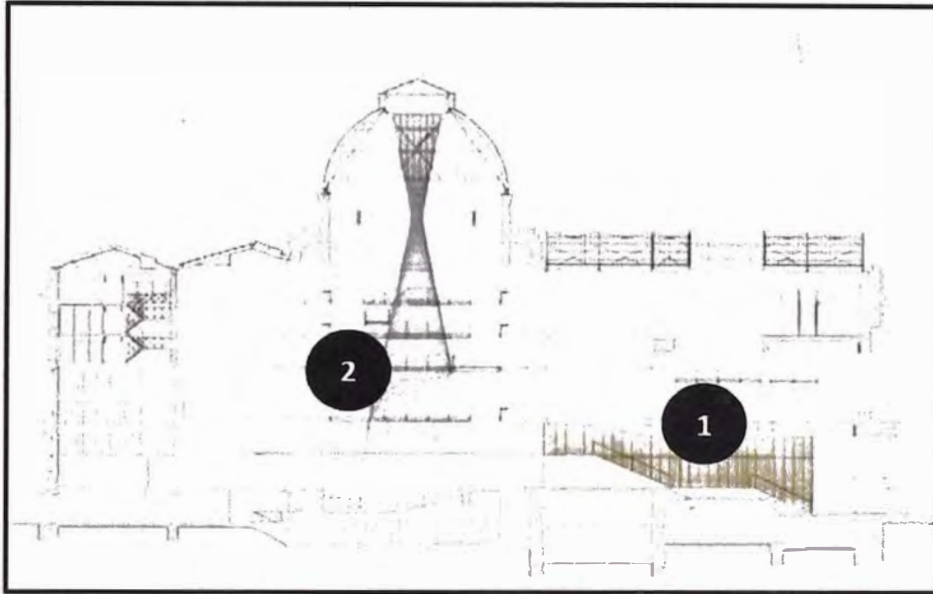


Figura 8: Corte longitudinal del Edificio Futuro

- Los edificios adjuntos son demolidos y reconstruidos a nuevo.
- Los corredores interiores serán eliminados y serán remplazados por niveles de losa con el fin de permitir el almacenamiento suplementario de libros, para facilitar la circulación al interior de la biblioteca.
- Las losas de la librería son destruidas y reconstruidas a nuevo, así como el sistema portor vertical. una nueva fundación (zapatas sobre columnas de Jet grouting) será realizada. Estas nuevas losas podrán tomar unas cargas de hasta 1200 kg/m².
- El acceso a la circulación entre los diferentes niveles serán simplificados a través de la construcción de dos escaleras a cada extremo del edificio, además de la escalera monumental existente.

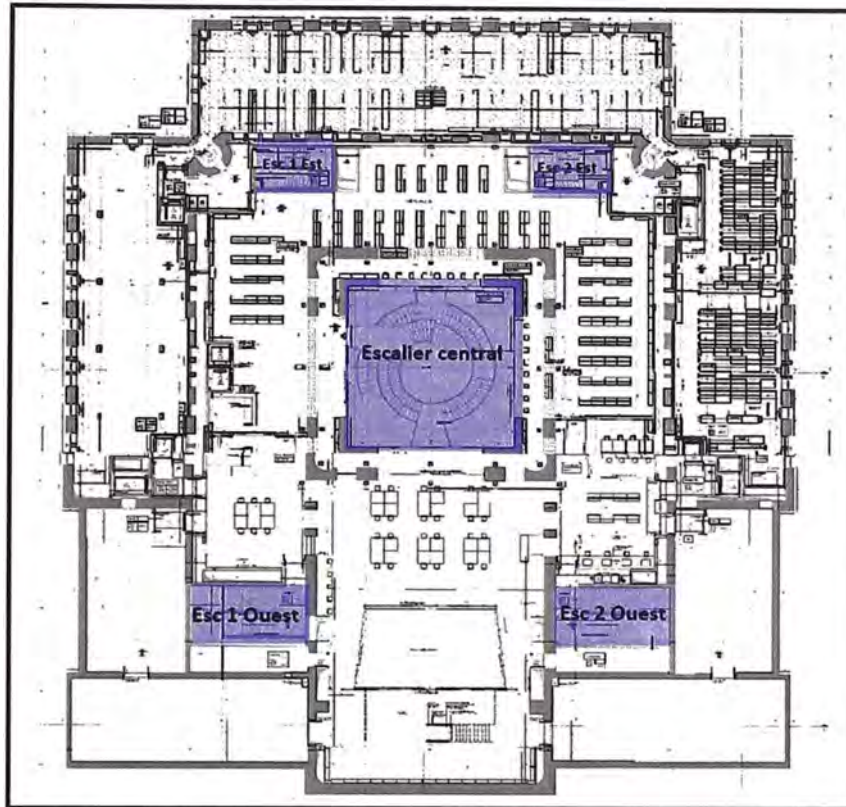


Figura 9: Vista en planta del Edificio Futuro.

3.1.9. Desagregado de Partidas.

La prestación comprende 24 partidas que serán tratadas por diferentes contratistas. Prestando real interés en la partida Demolición, Fundación especiales y Estructura.

Tabla 1: Partidas del proyecto

Lot N°	Désignation
1	Echafaudages
2	Démolition – Fondations Spéciales – Gros-œuvre
3	Charpente métallique
4	Escalier métallique atrium : structure et garde-corps
5	Couverture inox étamé et cuivre – étanchéité
6	Menuiseries extérieures acier – verrières – serrurerie
7	Cloisons – doublages – faux-plafonds
8	Menuiserie bois
9	Parquets
10	Revêtements de sols collés
11	Carrelage – revêtements pierre
12	Peinture – revêtements muraux
13	Electricité – courants forts et faibles
14	Chauffage – ventilation – désenfumage
15	Plomberie sanitaires
16	Appareils élévateurs
17	Agencement – mobiliers
18	Rayonnages
19	Forages-puits
20	VRD – espaces verts
21	Maçonnerie – pierre de taille – sculpture
22	Verrière dôme
23	Nettoyage fin de chantier
24	Signalétique



Fuente: Elaboracion propia

El grupo BETOM – Demathieu & Bard, que fue el consorcio encargado de la partidas de demolición, fundaciones especiales y estructura. Subcontrato los trabajos de demolición a la empresa AWS – Diamcoupe.

3.1.10. Costo y financiamiento

El proyecto BNU Estrasburgo, se inscribe dentro del contrato de proyectos Estado-Región 2007-2013. El cual en el 2009, el proyecto de la BNU Estrasburgo, se benefició del plan de relanzamiento de la economía.

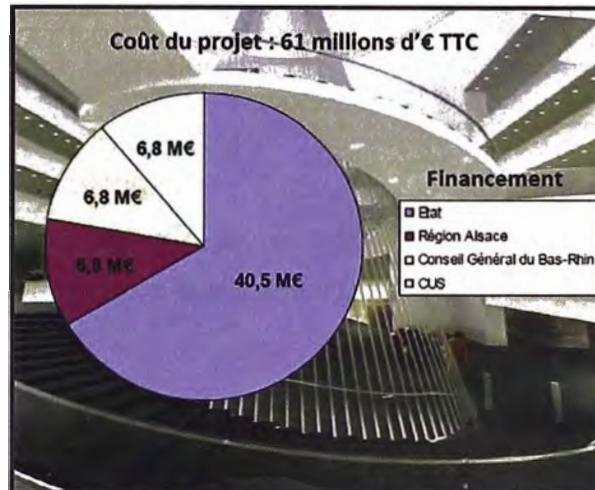


Figura 10: Corte longitudinal del Edificio Futuro

3.2. CALZADURA (UNDERPINNING) OPERACIONES COMUNES.

3.2.1. Definición general de una calzadura.

La expresión de un sistema de calzadura, no consiste en una sola técnica y es a menudo conectado a trabajos de rehabilitación y reestructuración de edificios existentes.

La calzadura, consiste en intervenir una estructura portante existente. Con el objetivo de crear una nueva transmisión de cargas, colocando en obra un nuevo elemento estructural. (Muy utilizado para la transmisión de cargas a nivel de cimentación)

Por ejemplo, se puede eliminarse dos columnas existentes, las cuales soportan vigas metálicas que se encuentran sobre las mismas. Al remplazar las dos columnas por una viga que soporte la transmisión de carga hecha por las vigas metálicas.

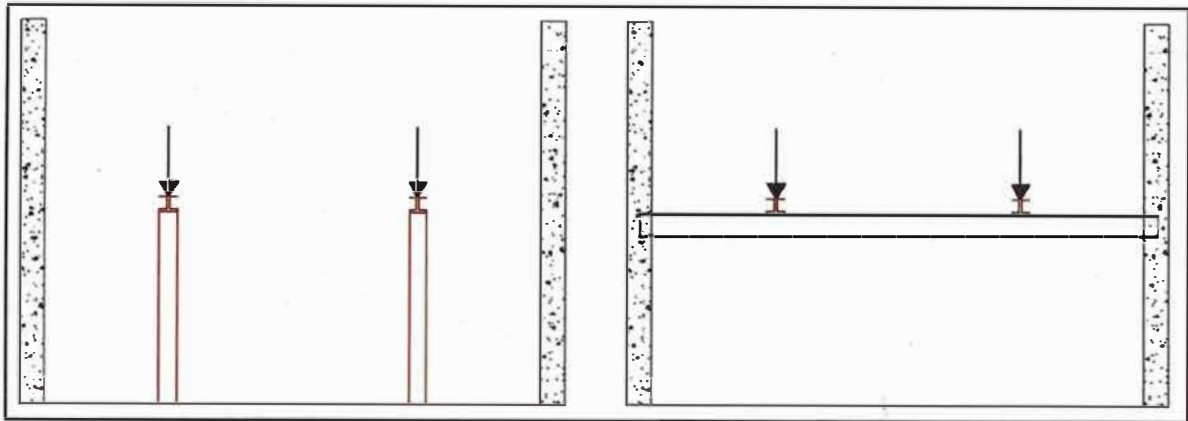


Figura 11: Calzadura, supresión de columnas y colocación de una viga de soporte.

3.2.2. Los Grandes tipos de calzadura.

Una calzadura, en general se puede aplicar a elementos de la infraestructura como a los de la superestructura de un edificio.

En infraestructura.

En el caso de la infraestructura de la BNU de Estrasburgo, se reforzara los cimientos utilizando micropilotes y jet grouting.

Cabe precisar que la calzadura de la infraestructura no se tratara en este capítulo, sin posteriormente como innovaciones tecnológicas.

En Superestructura.

Consiste esencialmente en:

- La modificación de la estructura portante.
- La creación de aberturas en el sistema portante vertical u horizontal (puertas, ventanas, ventilación, Pasajes de Humo, etc.)

3.2.3. Vinculación entre una rehabilitación y una calzadura.

Una calzadura, interviene en las rehabilitaciones cuando el objetivo principal es el de modificar la arquitectura, lo cual modifica la organización interna del edificio, interviniendo así en la estructura portante del mismo, Como por ejemplo dar claridad a un volumen o agrandar un espacio, la intención arquitectónica puede manifestarse a través de la necesidad de eliminar una columna o pared.

Desde el punto de vista de seguridad, puede haber la necesidad de agrandar las aberturas suplementarias, etc...

En todos los casos, la transmisión de carga debe de volverse a recrear, testificando una calzadura necesaria en la estructura.

3.2.4. Importancia de la Transferencia de Cargas.

La etapa más importante, cuando se interviene en la modificación de una estructura existente y de su transferencia de carga (Lowering of loads), consiste en asegurar la continuidad entre la estructura existente y la estructura incorporada. Esta transferencia de carga asegura el paso de un punto de aplicación versus el otro (dentro del total o parcial)

La operación consiste finalmente en cargar los nuevos puntos de apoyo sin aportar desordenes a la estructura existente.

En el caso de una creación de una abertura. Es necesario realizar un acabado final que consiste en borrar, eliminar o comprimir el mortero de los espacios comprendidos entre la superficie de la viga y la estructura existente a fin de evitar cualquier desplazamiento posterior a la puesta en carga de la obra.

3.3. TRANSFERENCIA DE CARGA POR PISTONES HIDRÁULICOS.

3.3.1. Generalidades.

Para la realización de ciertas transferencias de carga importantes, se requiere el uso de operaciones especiales como el uso de pitones hidráulicos, ya sean utilizados de manera provisional o definitiva.

Los pistones hidráulicos son una solución muy eficiente, cuando se trata de transferencias de cargas de un sistema portante a otro, pues la elevación de estructuras, puede causar daños irreversibles para la obra en cuestión (fisuración, ruptura, etc...).

3.3.2. Los diferentes tipos de pistones hidráulicos.

Estos pistones son constituidos de un cuerpo rígido (pot) y de un pistón móvil. Uno o muchas de las juntas dispuestas sobre el pistón aseguran un contacto perfectamente impermeable con el calibre del cuerpo del pistón.

Los cuerpos dispuestos, en la parte inferior de un orificio permiten inyectar un fluido a presión, fluido compuesto de un aceite hidráulico o lechada, el cual es enviado por una bomba dentro del cuerpo (pot), ejerciendo una fuerza dentro del cuerpo producto de la presión que se aplica sobre las

fuerzas internas del cuerpo. Si esta presión es suficiente así como la cantidad de flujo, el pistón será empujado y desplazara la carga.



Figura 12: Pistones Hidráulicos típicos.



Figura 13: Pistones Hidráulicos con tuercas de seguridad.

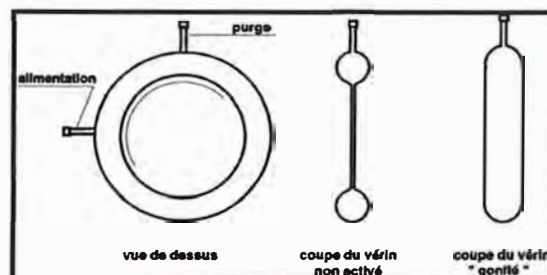


Figura 14: Pistones Hidráulicos Freyssinet

3.4. CALZADURA, PARA LA CREACIÓN DE ABERTURAS EN MUROS PORTANTES.

Se trata de un procedimiento técnico clásico, los cuales se diferencian esencialmente en función de:

- La naturaleza del muro: albañilería, concreto,...
- Espesor del muro

- Naturaleza de la viga a colocar: acero, concreto vaciado in situ o prefabricado.

3.4.1. Calzadura de muros.

Los muros portantes interiores de la BNU son esencialmente realizados en albañilería.

Solo 2 aberturas se crearan dentro de un muro de concreto (nivel N-1 la antigua "chambre forte") por ello se efectuó un corte a través de una sierra de concreto con carril, para después calzar el muro colocando una viga.

Este procedimiento es un clásico en la rehabilitación de edificios, donde se utilizan por lo general dos tipos de materiales: acero y concreto.

Siendo el acero el material utilizado por excelencia en este tipo de rehabilitaciones, debido a las ventajas únicas de prefabricación, de velocidad de colocación, de facilidad de montaje y capacidad portante inmediata.

En el Anexo 1 se muestran los cuadros comparativos de ventajas y desventajas de vigas de distintos materiales.

3.4.2. Técnicas utilizadas.

Finalmente, las técnicas más utilizadas, para crear aberturas en muros, las cuales son recalzadas con vigas de acero son:

✓ **El método de media-viga.**

Procedimiento de operación

1. Cortes verticales en la albañilería, a ambos lados de la abertura.
2. Realización de zapatas de las columnas definitivas.
3. Fijación de columnas metálicas.
4. y 5. Primer calzado horizontal en la albañilería de una mitad de espesor y colocación de la primera mitad de viga metálica con el correspondiente relleno.
6. y 7. Segundo entallado horizontal en la otra mitad del espesor y la aplicación de la segunda mitad de la viga metálica usando un medio de calibración.
8. Creación de la abertura por demolición.
9. revestimiento de perfiles por concreto y ajuste si es necesario.

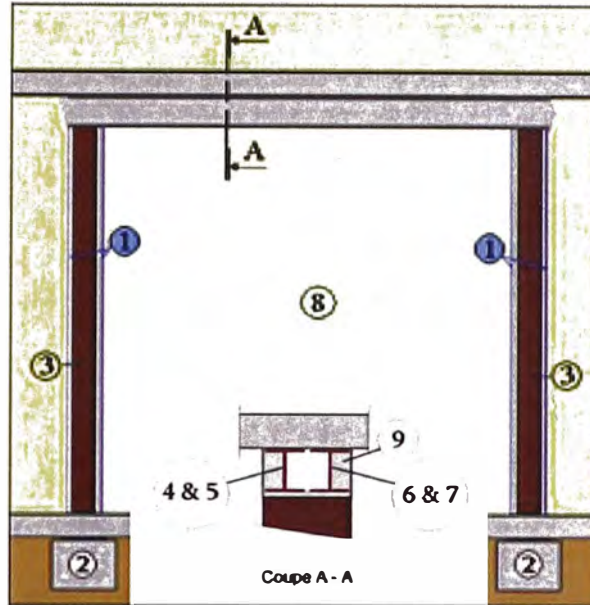


Figura 15: Método de media-viga.

Las operaciones 1, 2, 3 no son sistemáticas.

Tabla 2: Método media-viga.

Ventajas
No necesita apuntalamiento, que molesten la operación.
Viga puesta en dos partes, la cual otorga una mayor facilidad.
Inconvenientes
Técnicas adaptadas a muros de espesor importante.
Tiempo de realización: respetar dos veces la misma operación.
Llegar al mismo lado por la segunda mitad. No es muy adaptable a aberturas de longitud importante.

Fuente: Elaboración propia

✓ **El método de puntales.**

Procedimiento de la operación

1. Cortes verticales en la albañilería a ambos lados de la abertura.
2. Realización de zapatas de las columnas definitivas.
3. Fijación de columnas metálicas.
4. Aberturas en la albañilería por debajo o encima de la losa.
5. Colocación de perfiles de apoyo con calibración ajustada.
6. Colocación de puntales en ambos lados de los perfiles de apoyo.
7. Creación de la abertura por demolición.

8. Puesta en obra de la viga metálica en la albañilería
9. Realización de una viga de cimentación eventualmente.

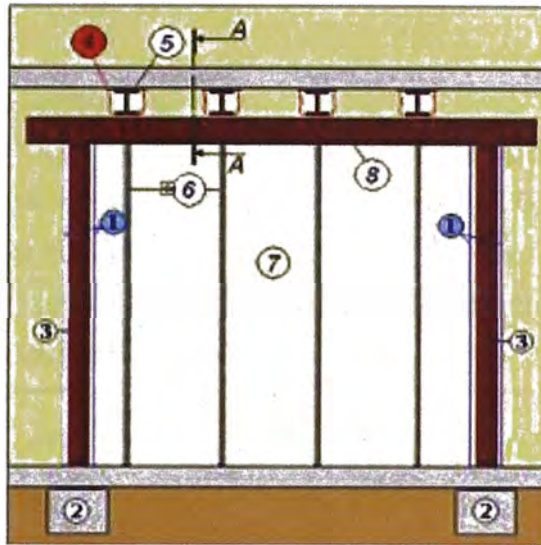


Figura 16: Método de puntales

Las operaciones 2 y 9 no son sistemáticas.

Tabla 3: Método de puntales.

Ventajas
Técnica adaptada para todo tipo de aberturas, hasta de longitudes importantes. Riesgo muy medido por la estructura: apuntalamiento del conjunto
Inconvenientes
Tiempo de realización: montaje/desmontaje de perfiles de apoyo con puntales de calibración a no olvidar.
Interacción con el material de apuntalamiento a la ejecución de trabajos. No muy adaptable para las aberturas de gran altura

3.5. CALZADURA DEBAJO DEL DOMO

Los trabajos de calzadura sobre la cúpula central constituyen la parte más importante de este proyecto. Esta parte representa igualmente la zona más delicada de la obra, pues se trata de una modificación, integral del sistema portante de la cúpula, conservando siempre todas las partes clasificadas como monumento histórico. Además que la importancia arquitectónica de este patrimonio radica en la zona de la cúpula, pues se trata de poner en valor dicha cúpula abriendo el espacio alrededor de la misma, en toda su

altura, e igualmente es en este lugar se sitúa la escalera monumental, la cual es el principal eje de circulación de la futura biblioteca.

3.5.1. Estructura existente

► Organización general

El nudo central de la biblioteca se organiza alrededor de:

- Tres niveles de librerías centrales en los niveles 0,1 y 2
- Una gran sala de lectura en el nivel 3.
- La sala de lectura será iluminada naturalmente a través de la cúpula y un difusor de luz.

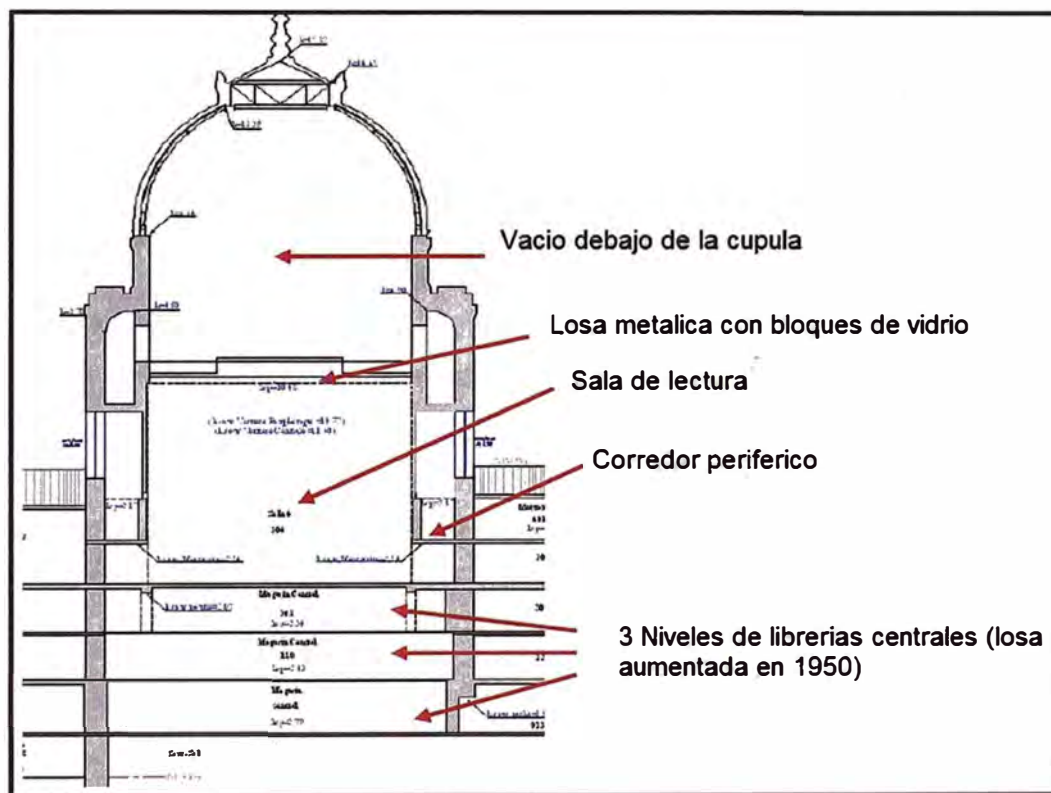


Figura 17: partes de la cúpula

► Sistema portor

El nudo central se descompone a su vez en dos:

- Un nudo interno que porta directamente la cúpula
- Un nudo externo que viene a conectar el nudo interno

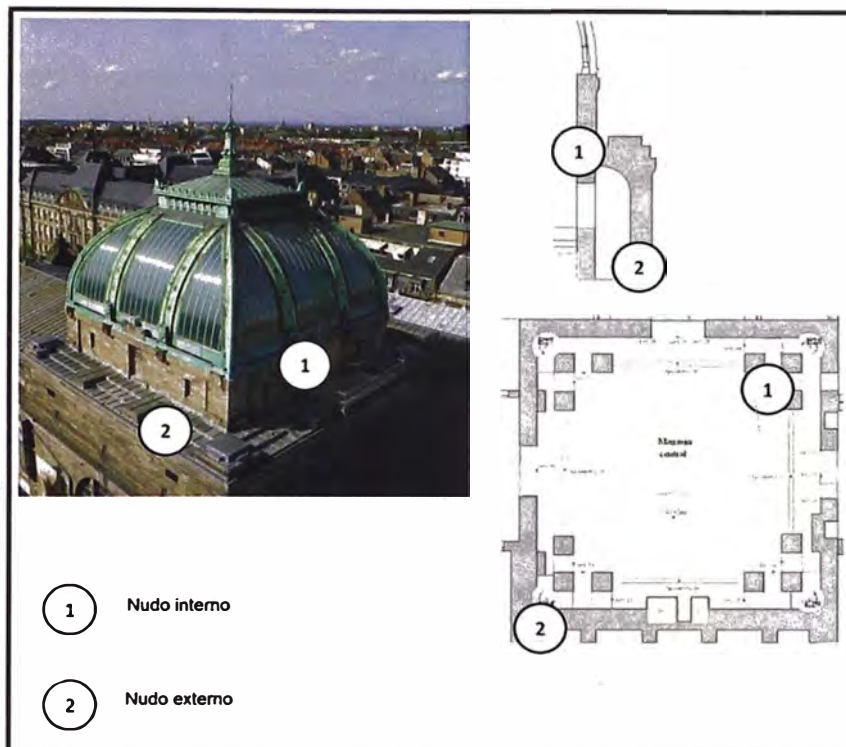


Figura 18: Sistema portante de la estructura existente.

► Nudo Interno

De arriba hacia abajo, el nudo interno está compuesto de:

- Una parte alta en albañilería.
- Una pequeña primera serie de pequeñas bóvedas.
- Una segunda serie de grandes bóvedas con decoraciones en yeso.
- Debajo tres columnas que soportan la bóveda (renovación de 1950)

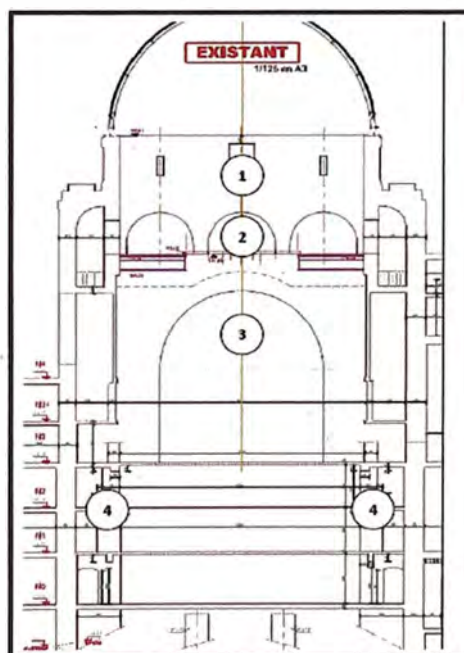


Figura 19: Elevación del domo con organización del nudo interno.

► Nudo externo

El nudo externo posee un plano cuadrado de 19.00x19.00m y se eleva hasta 23.50 m de altura. El muro está constituido de albañilería en parte inferior y de piedra tallada sobre los parapentes exteriores.

3.5.2. Consistencia del proyecto.

El proyecto consiste en modificar el globo del sistema portante.

La más grande modificación interviene en el nudo interno. El cual será enteramente demolido y remplazado por un nuevo sistema portante menos voluminoso a fin de ganar espacio y claridad.

El nudo externo será parcialmente demolido a fin de poder realizar aberturas, que permitan la circulación desde las diferentes alas del edificio hacia el corazón de la biblioteca. En este proyecto solo se tratara la calzadura del nudo interno.

La cúpula y la albañilería sobre el nudo (aproximadamente 3m) serán conservados **(1)**. El resto será demolido (pequeñas y grandes bóvedas, columnas existentes, etc...)

Una viga de coronamiento soportara el nudo interno **(2)** y se apoyara sobre las placas en forma de L en los 4 ángulos (en lugar de las 4 series de 3 columnas) **(3)**.

Estas placas son llamados mega-esquineros, dentro del proyecto. Esta denominación será empleada en la siguiente explicación.

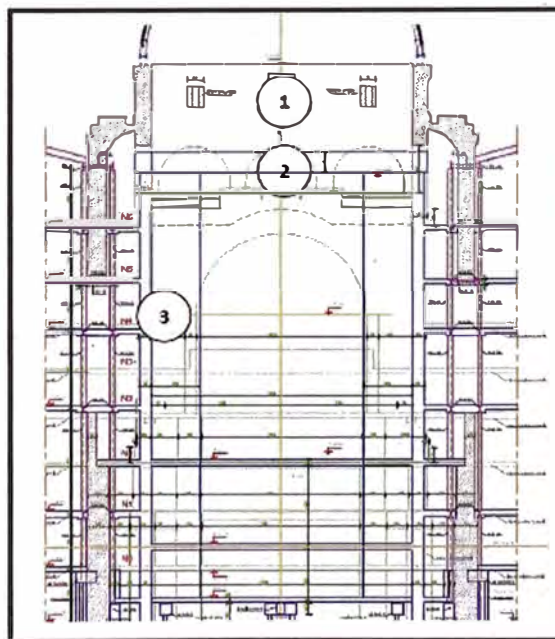


Figura 20: Elevación del domo con sistema portante del proyecto.

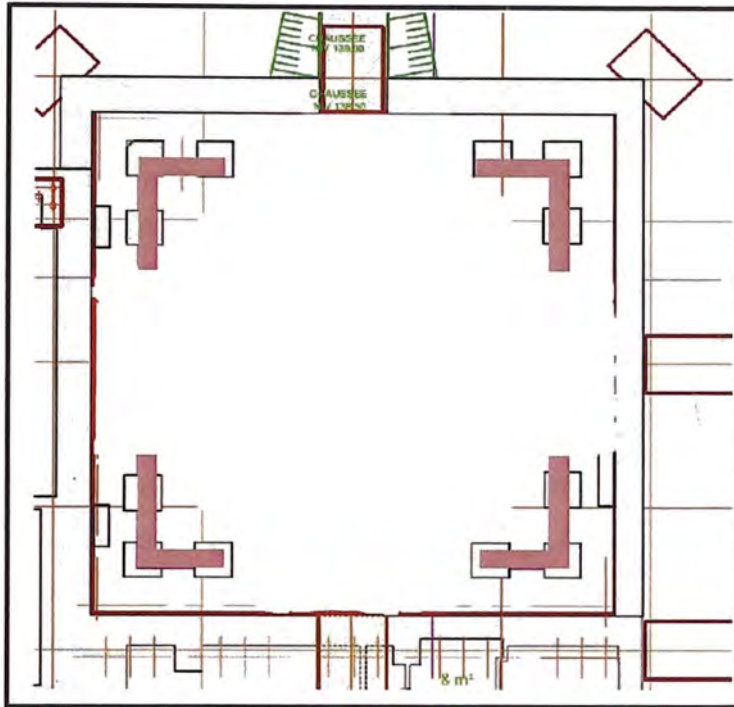


Figura 21: Superposición de columnas existentes y mega-esquineros.

3.5.3. Calzadura del domo.

Para la calzadura del domo, se analizó dos modos operatorios. Presentándose en este capítulo la alternativa 2, que fue la solución seleccionada por el consorcio.

En el Anexo 2, se presentan la alternativa 1 y el comparativo entre ellas.

Alternativa 2: Solución técnica propuesta por el consorcio.

Se trata de una alternativa planteada, por el consorcio, el cual ha decidido cambiar el método operatorio. El cual consiste en lo siguiente:

1. Realización de la viga de coronamiento

La estructura metálica y el tragaluz en cristal serán enteramente conservadas en la primera fase. De manera que sirvan como entablado para la realización de la viga de coronamiento.

2. Demolición de las losas de la librería central

Las losas en concreto armado de 15 cm de los tres niveles de librerías serán demolidas. Estas losas no intervienen en el sistema de arrioste de la estructura pues se trata de losas añadidas durante la primera renovación en 1950.

La demolición de losas es independiente a la realización de la viga de coronamiento.

Estas operaciones pueden ser realizadas simultáneamente.

3. Demolición de la platea de la librería central.

La platea que soporta los montantes de los armarios, que soporta a su vez la losa de la librería central será demolida.

Una vez demolido, comenzaran los trabajos de excavación complementaria para la creación del sub-suelo.

4. Realización de zapatas de fundación del futuro apuntalamiento.

Los pilotes de apuntalamiento son puestos sobre las zapatas de fundación y una gran masa de concreto se vaciara in situ para alcanzar el nivel indicado. Dicha acción será antes del apuntalamiento.

5. Apuntalamiento de la viga de coronamiento con blocs de tours MILLS®

Cuatro blocs de tours MILLS serán instaladas en el nivel superior de la zapata (137.33 NGF) y hasta el nivel debajo de la viga de coronamiento (161.20 NGF).

La realización de aberturas en el pasaje para permitir el paso de los puntales de apuntalamiento.

Para después proceder con el apuntalamiento y cargas por medio de pistones hidráulicos.

6. Demolición de columnas en ángulo existentes y del corredor periférico.

Es entonces en esta fase que el tragaluz de cristal y metal será destruido, pues el habrá servido hasta este momento.

7. Realización de la fundación de los mega-esquineros.

Los mega-esquineros serán vaciados usando elevadores sucesivos que lleguen hasta por debajo de la viga de coronamiento. Para finalmente colocar la carga a los mega-esquineros a través de pistones hidráulicos plats (tipo Freyssinet ®)

Entre la demolición y otras operaciones, la alternativa 2 ofrece la ventaja de poder utilizar el tragaluz de cristal y metal existente. El cual está a una considerable altura y permitirá trabajar en perfectas condiciones de seguridad.

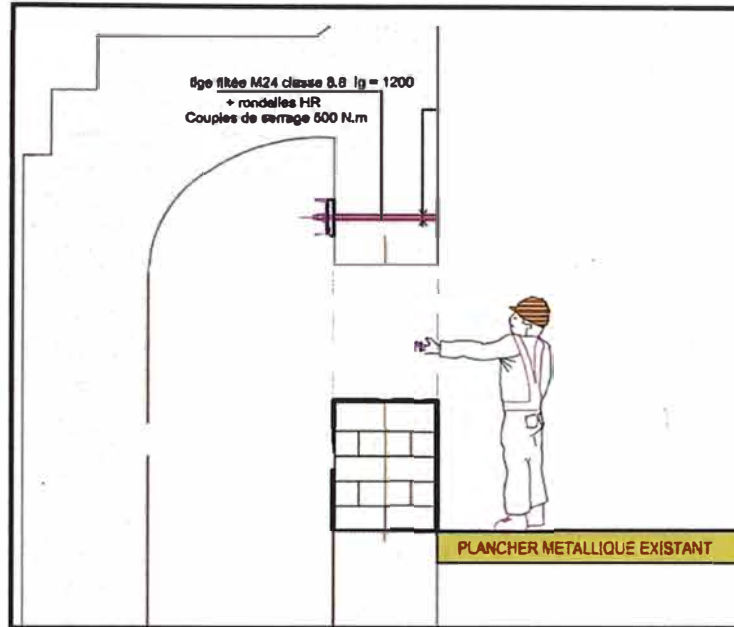


Figura 22: El tragaluz existente que sirve como plataforma de trabajo.

Donde se economiza una cubierta de todos modos necesaria para la realización de la viga.

Este ocasionara un sobre costo de unos 50.000 euros (taburetes, de perfiles UPN300, con macizos en albañilería,...)

3.5.4. La viga de coronamiento

Estructura general

La viga de coronamiento se compone de cuatro vigas:

- o 2 vigas lado este y oeste hechas a todo lo ancho y ancladas en el núcleo externo de la estructura.
- o 2 vigas laterales norte y sur ancladas sobre las dos vigas principales.

El anclaje en el núcleo externo permite asegurar el arriostramiento y una estabilidad en la fase provisional. Los crecimientos de cada parte serán luego cortados para obtener una estructura final.

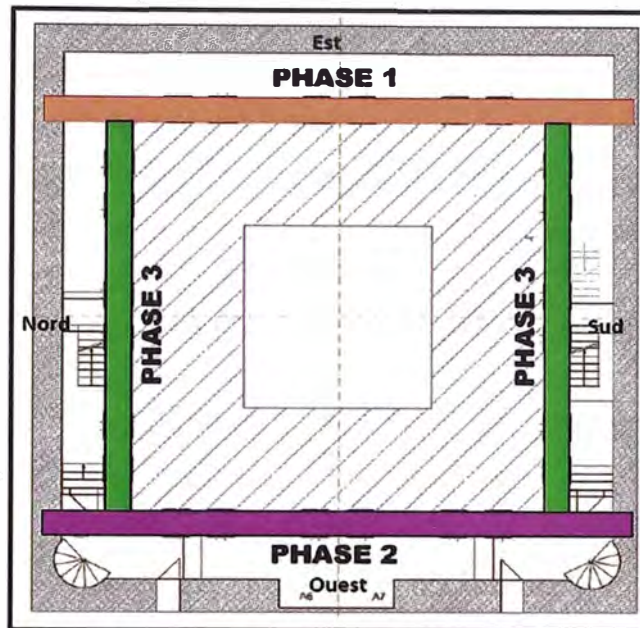


Figura 23: Viga de coronamiento.

3.5.5. Calzadura provisional de la cúpula y transferencia de carga.

Como la alternativa del consorcio, es la de realizar la viga de coronamiento en una primera fase.

Dicha operación necesita de la demolición del pie de las bóvedas, de la futura viga de coronamiento.

Las cargas de la parte superior del domo (albañilería y estructura metálica de la cúpula) que pasan por los pies de las bóvedas deben ser transferidas a la estructura portante vertical sub-yacente constituida de una gran bóveda por el intermedio de una estructura provisional.

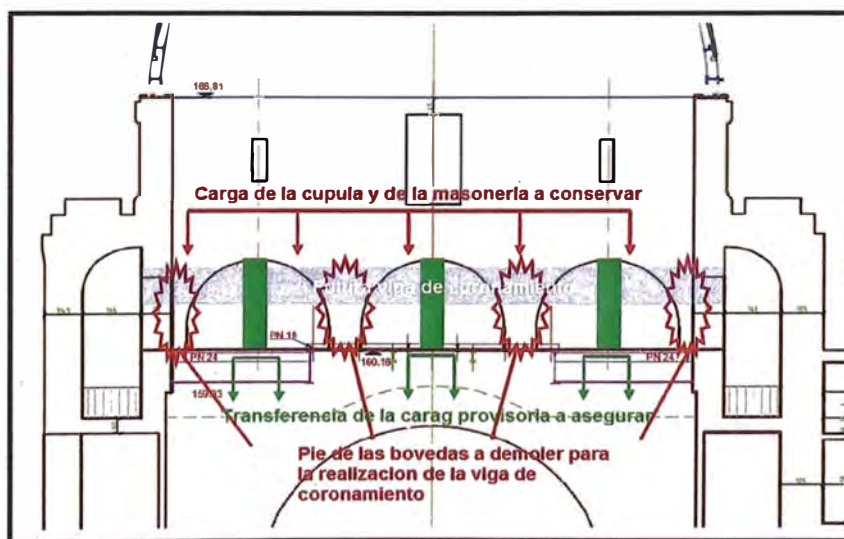


Figura 24: Calzadura provisional de la cúpula y transferencia de carga

3.5.6. Variante de la calzadura provisional.

Muchas alternativas son concurridas para tomar las cargas del domo antes de la demolición del pie de las bóvedas.

Ellas tienen todas en común una operación preliminar que consiste en rellenar la parte alta de la bóveda con concreto armado donde la armadura es incrustada en la albañilería (en rojo, ver la Figura 25)

Este relleno en concreto permitirá seguidamente de realizar el apoyo provisional de la calzadura.

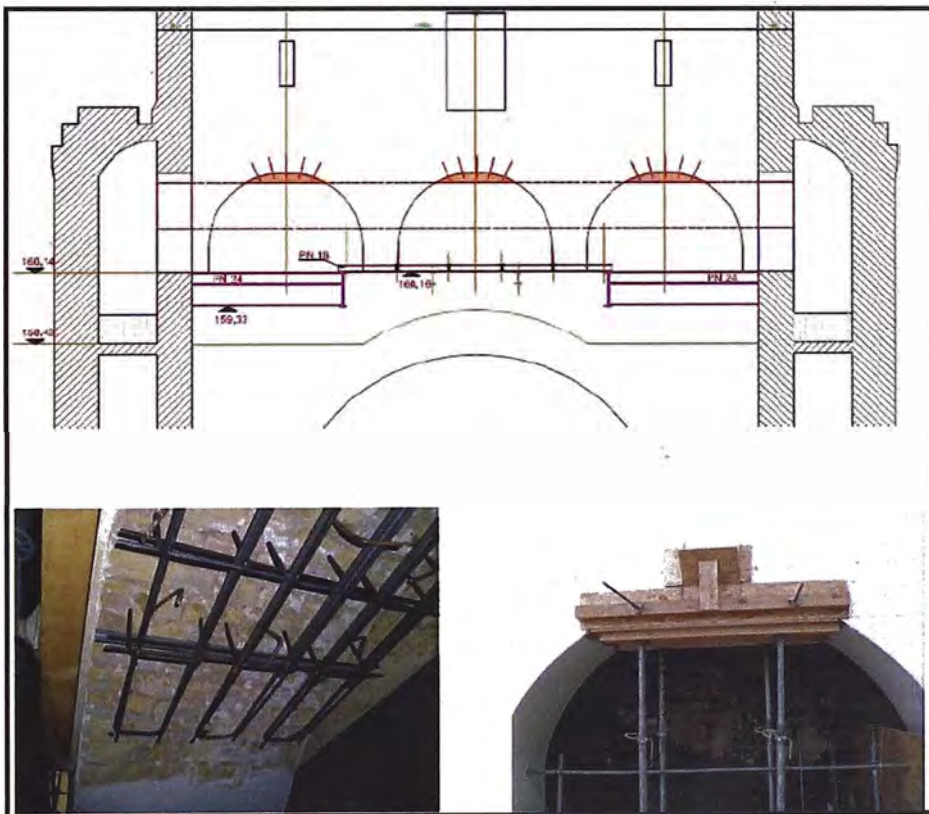


Figura 25: Etapa preliminar del vaciado de la parte alta de la bóveda.

Se realizó un análisis de 5 alternativas propuestas para la calzadura provisional de la viga de coronamiento. La descripción de todas estas alternativas y la comparación entre ellas son adjuntas en el Anexo 3.

Concluyendo en la utilización de perfiles sobre macizos de albañilería, siendo esta la alternativa mejor técnicamente y económica.

3.5.7. Solución 5, perfiles sobre macizo de albañilería

Las cargas pasan sucesivamente en:

- El concreto debajo del arco de la bóveda (utilizado previamente para dar una superficie plana, en la parte superior del arco) 1
- Los perfiles son de acero 2
- Los macizos de albañilería 3

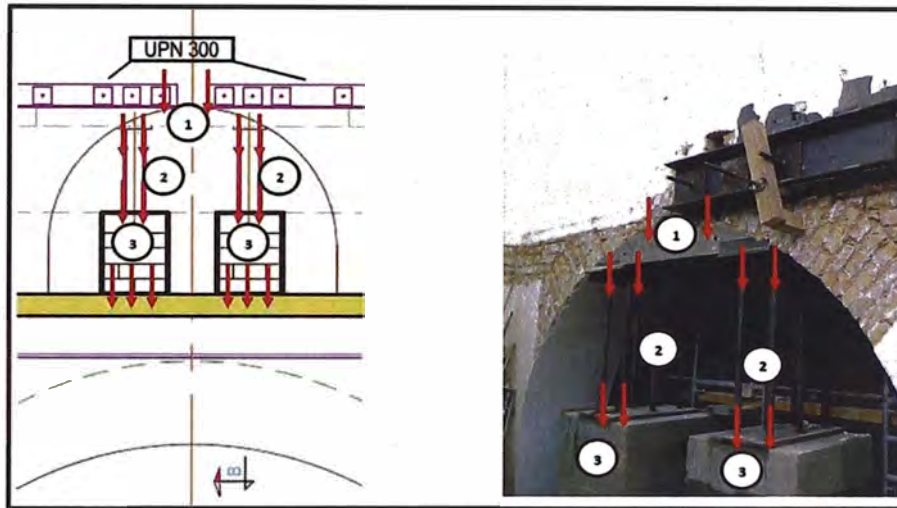


Figura 26: Representación de esfuerzos.

Los perfiles (taburetes), están conectados a la futura viga de coronamiento. Él cual es incrustado en ella. Dichos perfiles están constituidos de 6 tubos plenos de diámetro 40 mm soldado sobre dos platinas de 3cm de espesor. A observar que el perfil UPN300 sirve también para rigidizar la albañilería antigua. Dos bloques son puestos por cada perfil taburete sobre cada pequeña bóveda.

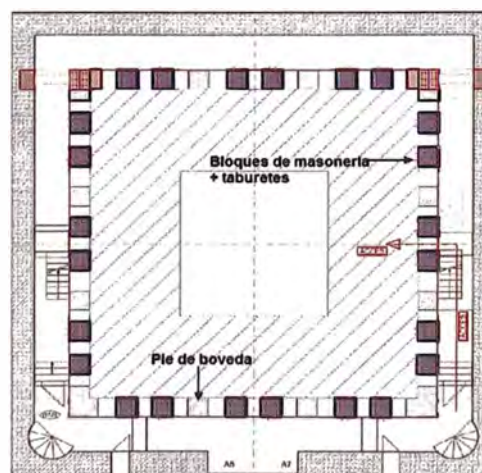


Figura 27: Vista en planta de la implantación de perfiles.

3.5.8. Puntos particulares a sanar para una buena transferencia de carga.

A fin de obtener una transmisión de cargas hasta la estructura portante subyacente, es necesario garantizar una continuidad perfecta entre los diferentes elementos estructurales de la calzada. Esta continuidad permitirá asegurar una transición y un contacto sin fallar entre las diferentes superficies: concreto/zapata superior del perfil (taburete), placa inferior del taburete/zapata de nivelación del macizo de albañilería. Los espacios vacíos y las imperfecciones en la platina, entre los diferentes elementos, serán saneados realizando una cama de mortero de tipo Seltex®. El cual a su vez deja un acabado bruto.

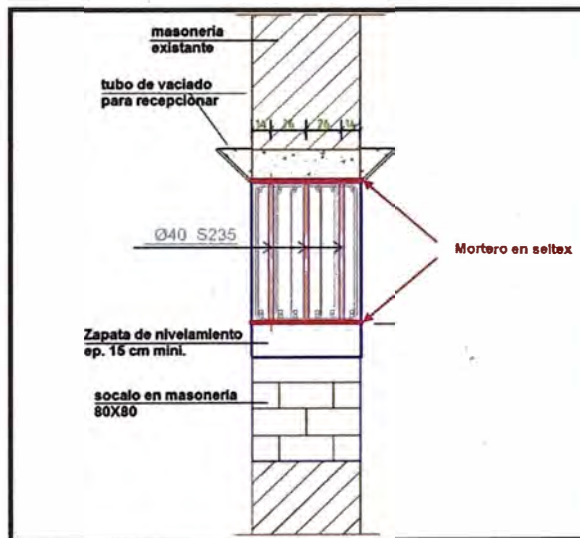


Figura 28: Corte en el eje del perfil (Taburete) y acabado Seltex®

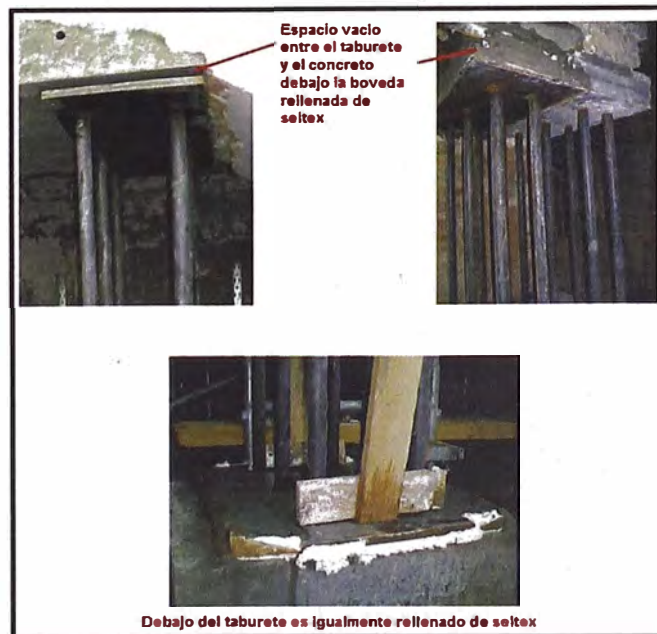


Figura 29: Acabado saneado en parte alta y baja.

Cuando el acabado en Seltex® sea realizado, en los masivos en albañilería (en parte inferior) y sobre el concreto (en parte superior), los pies de las bóvedas podrán ser demolidas entonces, las cargas de la cúpula pasaran entonces integralmente sobre los taburetes.



Figura 30: Sin pie de bóveda (a la derecha) y antes de la demolición (a la izquierda)

3.5.9. Apuntalamiento Millstour ®

El apuntalamiento de la cúpula en fase provisional será realizado con la ayuda de las torres MILLSTOUR®. El cual está constituido de elementos prefabricados, los cuales se entre-conectan, sin necesidad de clavarse o empernar.



Figura 31: Fotos de un Millstour®

3.5.10. Transmisión de carga sobre la torre de apuntalamiento

Según la consultora:

- La transmisión de carga a la derecha de los ajuste del lado Este y oeste es de: 84 800 daN.
- La transmisión de carga a la derecha de los ajuste del lado Norte y Sur es: 60 300 daN.

Las vigas del lado Este y Oeste atraviesan a lo largo del domo, las cuales son consideradas las principales. Las vigas del lado Norte y Sur son consideradas encastradas a las vigas principales.

La diferencia de transmisión de carga proviene de esta consideración. Desde el punto de vista de Resistencia de materiales, las vigas del lado Norte y Sur son sobre 4 apoyos (2 apoyos simples sobre las torres y dos encastramientos a las vigas principales). De otro lado, las vigas de lado Este y oeste son apoyadas sobre 4 apoyos simples (2 sobre las torres de apuntalamiento y 2 sobre el nudo externo del domo) pero reciban las reacciones de apoyo de la viga del lado Norte y Sur.

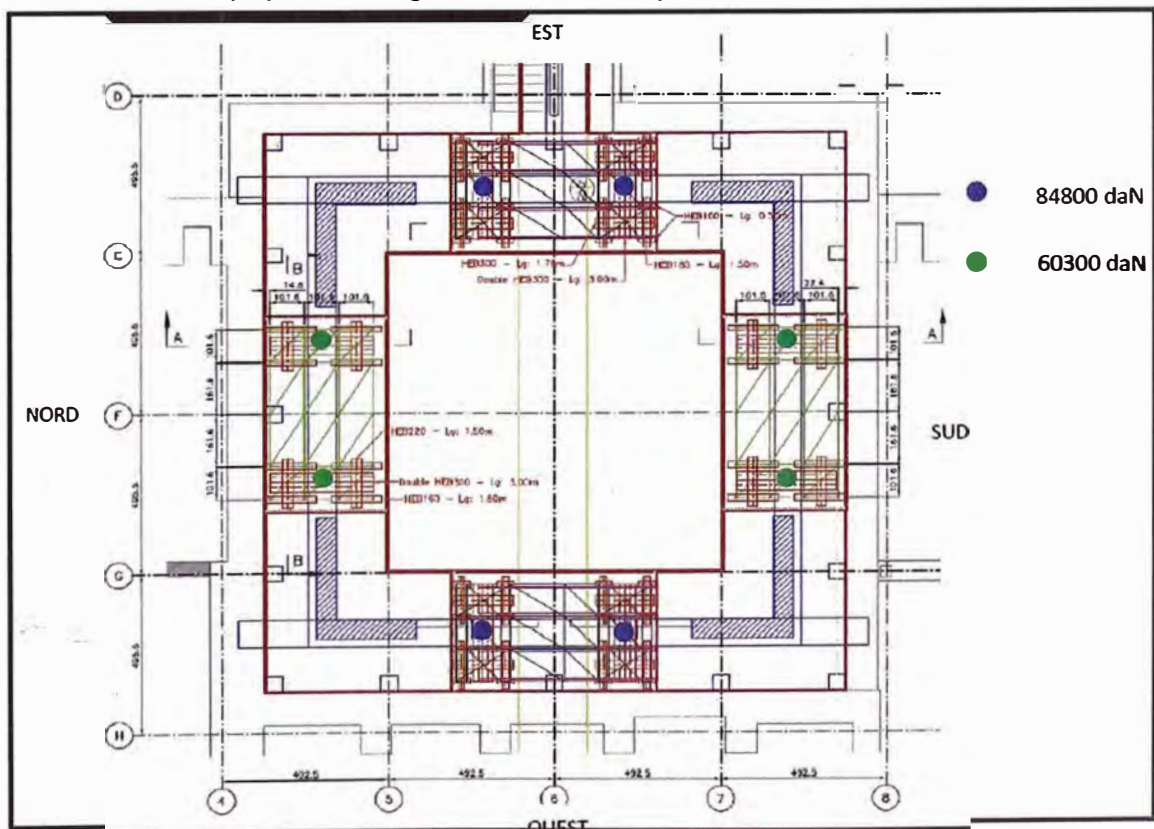


Figura 32: Transmisión de carga sobre las torres de apuntalamiento

Las torres de apuntalamientos usados serán:

- En el lado norte y sur las torres Millstour MT100.
- En el lado norte y sur las torres Millstour MT65.

3.5.11. Problemas encontrados en la implantación.

La torre de apuntalamiento debe ser centrado sobre la viga de coronamiento a apuntalar. Sin embargo, las vigas en concreto unen las columnas en ángulo entre ellos, incomodando el buen ensamblaje de las torres.

La solución de base consiste en demoler esas vigas. Sin embargo, algunas de ellas sirven al arriostre del conjunto, debiendo conservarse.



Figura 33: Vigas que incomodan el montaje de la torre.

Las torres fueron implantadas a razón de evitar el máximo de vigas.

Como consecuencia: el bloque de apuntalamiento no está centrado sobre la viga de coronamiento a apuntalar: las columnas no toman todas las mismas cargas.

A notar que la excentricidad más importante se encuentra en la parte del apuntalamiento del lado sur.

Se analizaron las dos soluciones posibles presentadas en el Anexo 4.

De donde se concluye desplazar el pistón hidráulico en 6cm. Asegurándose así de tomar la carga de la viga de coronamiento por el sistema de apuntalamiento Millstours.

3.5.12. Colocación de la carga por medio de pistones hidráulicos.

Una vez apuntalado y realizado el montaje y que los perfiles en la cabeza de la torre son puestos en el conjunto, una primera fase de elevación será realizada.

Objetivo de la operación

Como se discutió en la segunda parte del informe, el punto más importante para el calzadura, es el de efectuar una transferencia de carga correcta con el fin de no perturbar la estructura que toma la transferencia de carga que se efectuó a través de un pistón hidráulico.

La operación consiste en transferir las cargas de la cúpula sobre las torres de apuntalamiento a fin de permitir la demolición de todo el sistema portante existente (bóvedas, columnas, etc...) el pistón asegurara la transmisión de carga del conjunto hacia las torres.

La puesta en carga de la cúpula y de la albañilería son susceptibles de sufrir ciertos asentamientos, entre el fondo de la fundación y de la viga de coronamiento. El cual fue es aproximadamente 0.4 mm por cada torre de apuntalamiento, según el cálculo realizado en campo.

3.5.13. Tipo de Pistón Hidráulico a escoger.

3 tipos de Pistón Hidráulico podrán ser utilizados para la transferencia de carga

- Pistón Hidráulico de cabeza integrado alrededor.
- Pistón Hidráulico.
- Pistón Hidráulico plat (Tipo Freyssinet®)

► Pistón Hidráulico de cabeza integrado alrededor.

La primera solución consiste en poner la carga sobre las torres con la ayuda de Pistón Hidráulico integrado.

La transferencia de carga se produciría con los pistones hasta que toma la carga de la cúpula.

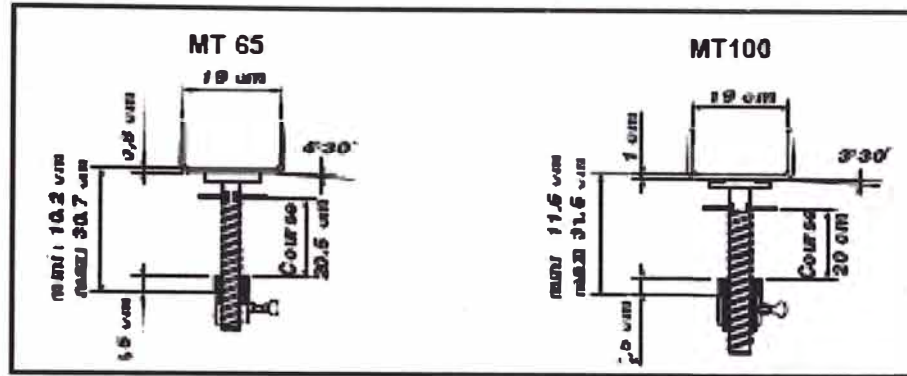


Figura 34: Pistón Hidráulico de cabeza de torres MILLS

Ventajas:

- Simplicidad
- No tiene conexión flexible.
- Economía

Inconvenientes:

- Dificultad de sacar el Pistón Hidráulico con el peso de los perfiles.
- No es adaptable para tomar una carga así de importante.
- Confiabilidad: no hay manera de controlar la transferencia de carga está bien hecho => peligro por la estructura
- simultaneidad de la colocación de la carga

► Pistón Hidráulico

La segunda solución consiste en utilizar los Pistón Hidráulico clásicos.

La elección entre el Pistón Hidráulico galette y el Pistón Hidráulico clásico, no es una restricción. La altura del espacio libre entre la parte inferior de la viga de coronamiento y la parte alta de perfiles pueden ser adaptadas según la necesidad (ajuste de los gatos al pie de las torres, ajuste del nivel deslizante)

La elección entre los dos puede ser orientado por una cuestión practica de llevar material a 24 m de altura (Pistón Hidráulico galletes, más ligeros).

Este tipo de Pistón Hidráulico incluye una tuerca de seguridad, permitiendo la calibración del Pistón Hidráulico, sin arriesgar el posterior descenso incluido la fuga de aceite.

Ventajas

- Pistón Hidráulico adaptado a tomar la carga.
- Pistón Hidráulico adaptado a una situación provisional.
- Control de la carga a tomar (con indicadores de presión)
- Una buena gestión de la simultaneidad de la carga
- Posibilidad de alquiler

Inconveniente

- Prestación que no puede ser asumida por el consorcio: subcontratista obligatoria (PRECIO)
- Problema de calibración

► Variante posible: Pistón Hidráulico con contratuerca

Existen tres riesgos con Pistón el Hidráulico estándar.

- La gestión de la fase de calibración y el método de calibración
- La pérdida de carga en el tiempo
- La posibilidad de una fuga de aceite, durante el período provisional que toma la carga de la cúpula: aproximadamente 4 meses.

Para superar el problema de los gastos de mantenimiento prolongados de cargas, existe Pistón Hidráulico equipados con tuerca de seguridad.

Cuando se toma la carga, es suficiente se cierra la tuerca. No hay riesgo de disminuir la transmisión de carga del Pistón Hidráulico, mismo si hay una fuga de aceite durante el período provisional.

Inconveniente:

Como no hay calibración, el Pistón Hidráulico queda en su sitio, durante todo el periodo provisional. Este parámetro tiene un impacto en el precio del servicio.

► Pistón Hidráulico plano (proceso Freyssinet ®)

La última solución consiste en poner en obra los pistones hidráulico planos (proceso Freyssinet®). Como por los conectores hidráulicos. Este proceso

permite de seguir progresivamente la puesta en carga con la ayuda del manómetro.

Ventajas:

- Conectores adaptados a tomar la carga.
- Control de la carga tomada (por medio de manómetros)
- Ligero: puesta en obra fácil.

Inconvenientes:

- Menos adaptado a tomar la carga provisional → riesgo de la fuga de aceite, durante la fase provisional de 4 meses.
- Problema de calibración
- Si se infla a la resina o la lechada, imposibilidad de retornar a la posición original => problema - "dévérinage"

Tanto en fase provisional como en la etapa definitiva, se utilizaran conectores con pernos de seguridad.

Para lo cual se subcontrató a personal calificado en este tipo de prestaciones. Utilizando pistones hidráulicos AGE.

Para el lado Este y Oeste, que utilizan los equipos de conexión propios según el material (capacidad de 200 t).

Por el lado Norte y Sur, que utilizan los conectores CLP 1002 de Enerpac. Ver Anexo 5, selección de conector.

3.5.14. Modo de operación del Pistón Hidráulico AGE.

El conector de la estructura se efectuó por un doble control:

- Control del desplazamiento relativo al apoyo – estructura portante.
- Control del desplazamiento absoluto de la estructura.

► Control del desplazamiento relativo.

Una fina capa de yeso será aplicada sobre la masa, situada por debajo de la viga de coronamiento. Para después aplicar la puesta en carga y parar si esta se fisura.

► **Control del desplazamiento absoluto.**

Este es efectuado por un cadista.

Quien visara el punto fijo de la estructura existente y observara su eventual desplazamiento, y advertirá según crea conveniente el pare de la inyección de presión.

Además medirá el asentamiento de las torres teniendo conocimiento del valor teórico calculado anteriormente.

► **Demolición del portor vertical y de pasajes**

Una vez que la cúpula sea sostenida por las torres MILLS, la siguiente etapa consistirá en demoler los soportes verticales.

Esta etapa es delicada debido de la presencia de las torres. Una caída de algún escombros podría dañar la estructura, lo cual podría ser perjudicial para la estabilidad general de la cúpula.

La demolición de los arcos, columnas y pasillos se divide en dos partes principales:

- Una demolición manual, con la ayuda de un equipo electro-portátil, para demoler los lugares de las zonas cercanas a la torre (parte de bóvedas en la toma de cargas a través de las torres MILLS®)
- Una demolición con BROKK® montada a través de una carretilla ascensor a las partes más remotas y lejanas de la torre (columnas en los ángulos, notablemente)

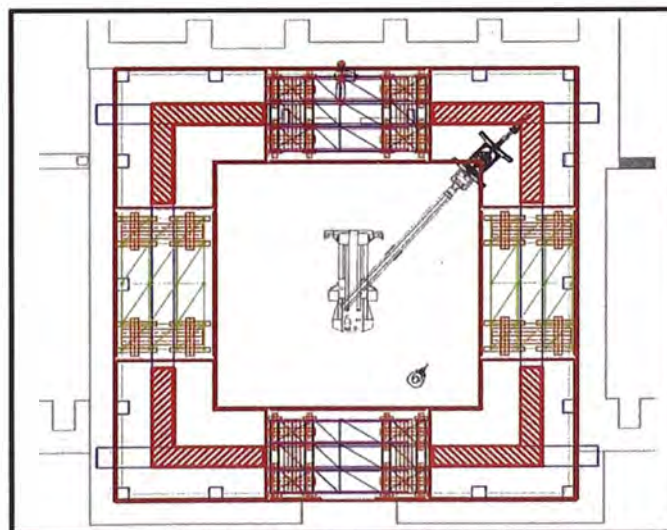


Figura 35: Demolición del portor existente.

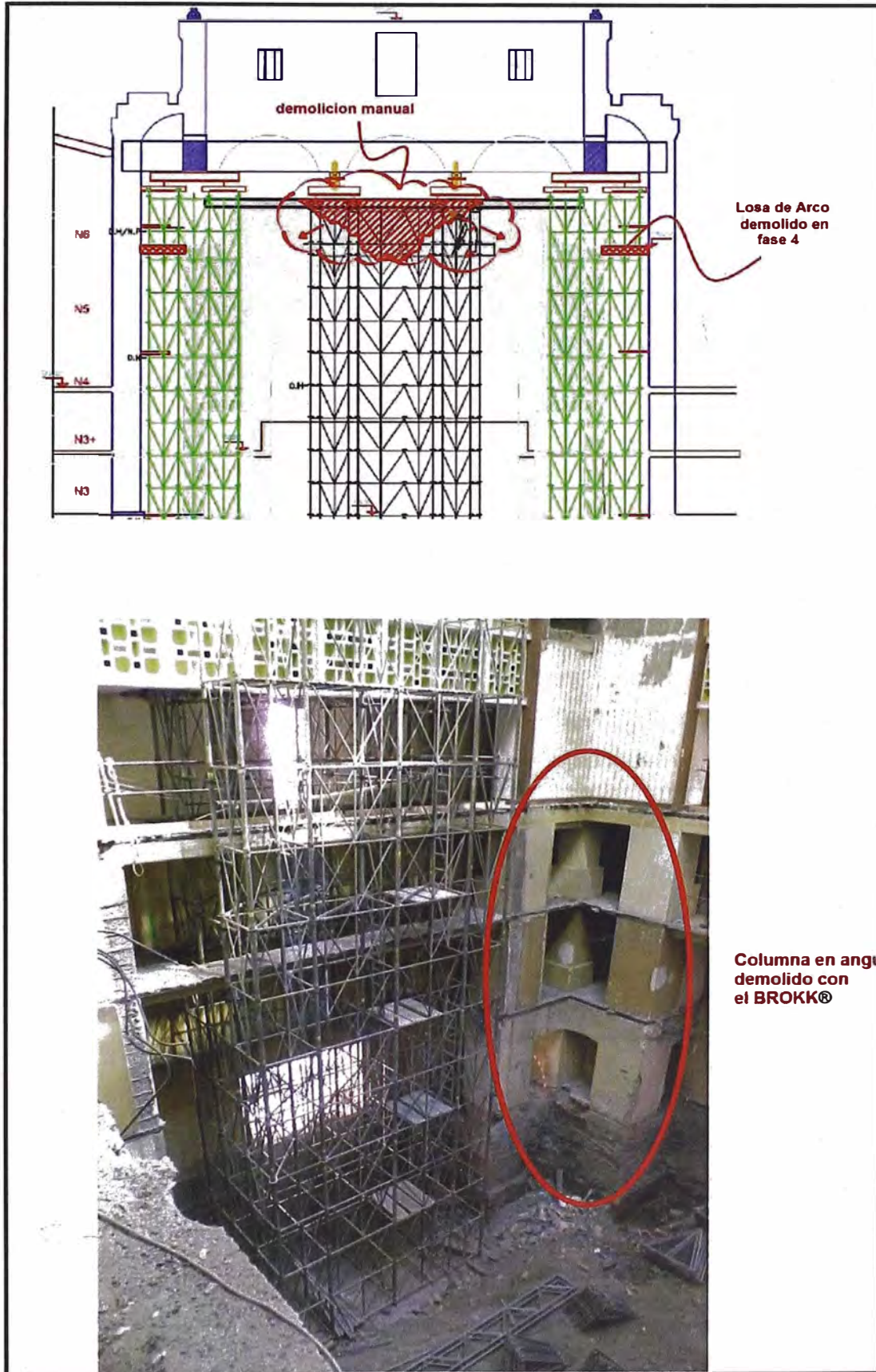


Figura 36: Demolición manual de las partes más difíciles.

3.5.15. Realización de los Mega-esquineros

La siguiente etapa consiste en realizar el nuevo sistema portor vertical, constituidos de muros de concreto armado en forma de L, que se encuentran en las 4 esquinas, denominados mega-esquineros. Estos muros vienen a sentarse sobre la nueva fundación, la cual estará conectada por medio de Stabox® con aquellas creadas por el apuntalamiento provisional.

Cada mega esquinero tiene una altura de 23.87 m. (nivel alto de la zapata = 137.33 NGF - Nivel de la cara inferior dela viga de coronamiento = 161.20 NGF).

Medio de Elevación.

Como se mencionó precedentemente, la grúa no podrá ser utilizada para la realización de los mega-esquineros (elevación de encofrado, y puesta en obra de las cajas de armadura,...)

Igualmente es imposible colocar una grúa móvil al interior del domo, visto la dimensión de la pequeña abertura disponible (2,50m. de largo)

Por lo cual se ha instalado un sistema de elevación propio. El cual se orienta versus la instalación de una horca fija a la viga de coronamiento.

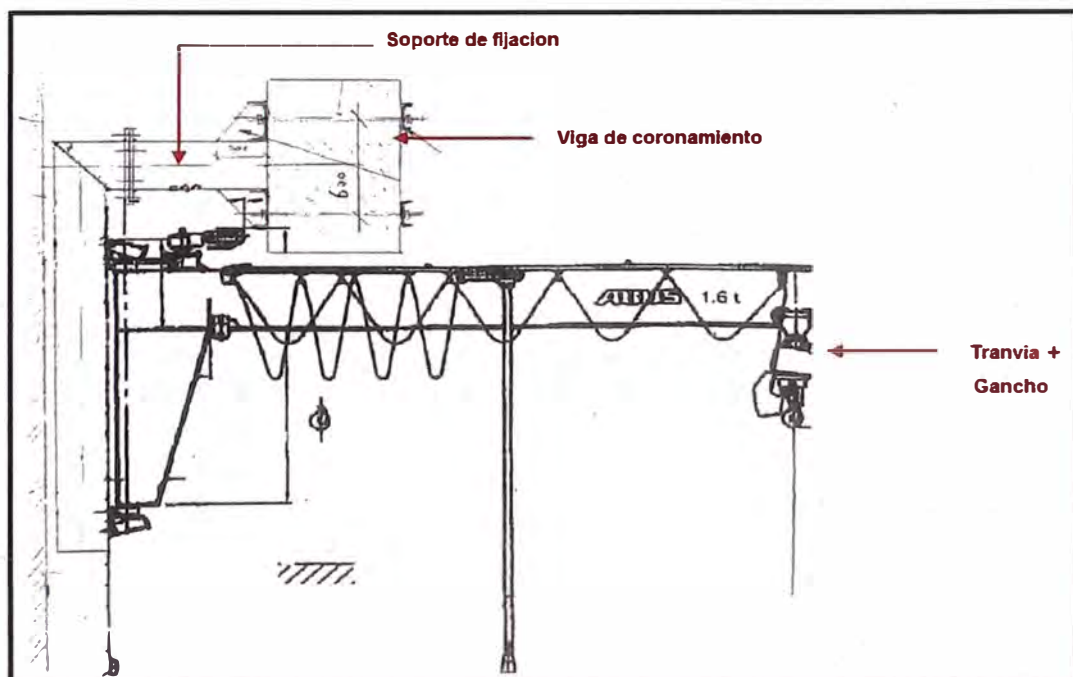


Figura 37: Vista en elevación de la Horca.

El soporte de fijación es instalado sobre la extensión de la viga de coronamiento a fin de tener un ángulo de rotación máximo y de permitir la elevación del encofrado entre los mega-esquineros y el nudo externo del domo.

A fin de facilitar su instalación, la horca es puesta en obra antes de la demolición de la losa metálica y de los pasajes.



Figura 38: Soporte de la horca fijado a la extensión de la viga.

Dos mega-esquineros son realizados al mismo tiempo. A través de dos horcas que son instaladas previamente. Ellas serán enseguida desmontadas después remontadas a las otras dos extremidades a fin de ejecutar los dos otros mega-esquineros.

► **Sistemas de encofrado.**

Visto de altura (23.87m), a través de levantamientos sucesivos son realizados

► **Alternativa de encofrado.**

Dado los medios de acceso y de elevación limitados, los parámetros más vinculantes en la realización de los mega-esquineros es el poco espacio disponible entre el exterior del mega-esquinero y el nudo externo del domo. Es por estas razones que esta opción se orienta por el encofrado grim pant.

Cuyo conjunto ofrece pasarelas y consolas, montando todos los elementos del encofrado.

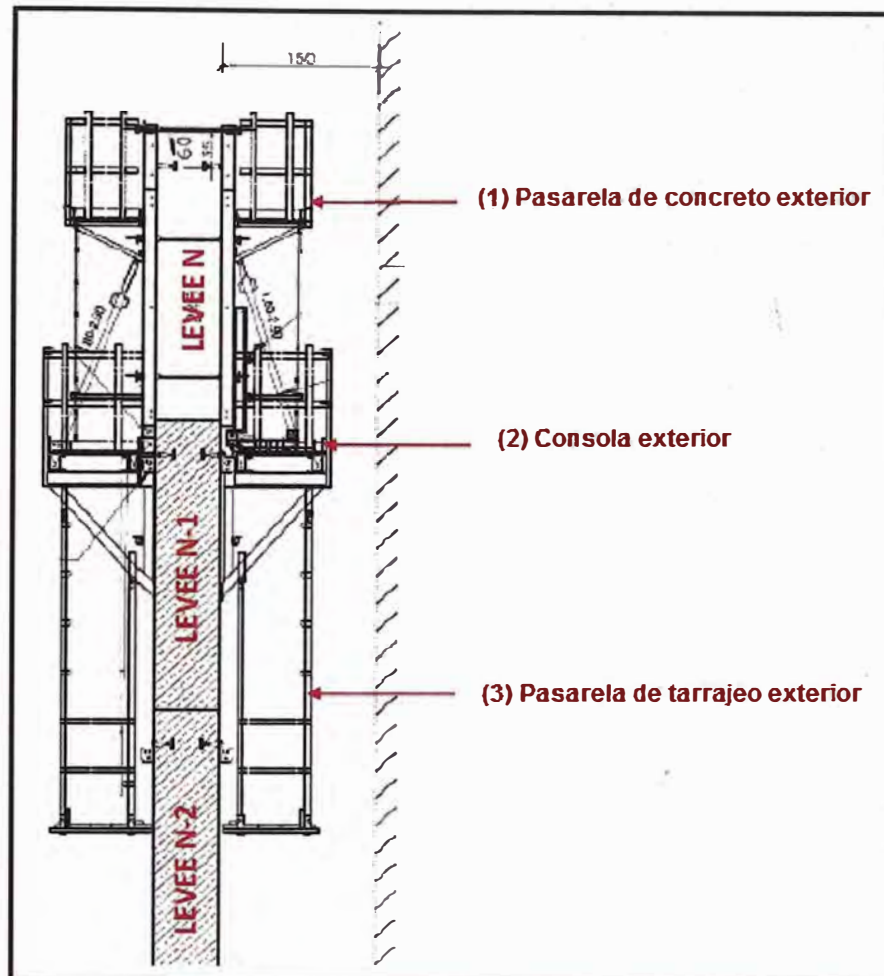


Figura 39: Corte con vista sobre las diferentes pasarelas de trabajo.

Así entre la elevación N y la elevación N+1, el transporte se desarrolla como sigue:

- Montaje de la parte exterior hasta el próximo nivel y enganche en el Sabot (Encofrado grim pant)
- Descenso del encofrado interior hasta el nivel debajo del domo.
- Montaje de la consola piñón interior hasta el nivel N+1.
- Armadura del nivel N+1.
- Montaje del tren de encofrado interior y cerrado del encofrado.
- Vaciado de concreto.
- Pasaje del nivel N+2.

3.6. PUESTA EN CARGA POR PISTÓN HIDRÁULICO.

3.6.1. Justificación de Pistón Hidráulico.

Nuevamente el pistón hidráulico, es necesario a fin de asegurar una transferencia de carga de la viga de coronamiento, (sosteniendo la cúpula) del apuntalamiento hacia los mega-esquineros.

Las cargas deben ser transmitidas a la fundación únicamente por esta vía. El simple enchapado en mortero se asevera insuficientemente en vista de la carga a tomar.

Esta puesta en carga es igualmente necesaria pues los portores verticales son realizados después del portor horizontal (la viga de coronamiento). Es una operación inversa, a lo que se realiza generalmente.

Para lo cual se usaran los pistones hidráulicos del tipo Freyssinet® proporcionando las siguientes ventajas:

- Adecuado para incrustar dentro del concreto.
- Apoyos definitivos
- No hay necesita de calibración: los pistones son inflados por la lechada o resina y se mantienen en ese estado.
- Producto ligero: transporte fácil de material en un radio de 24m.

El cual permite, una transferencia de cargas controlada y efectiva. La cual es posible solamente con el pistón hidráulico plat.

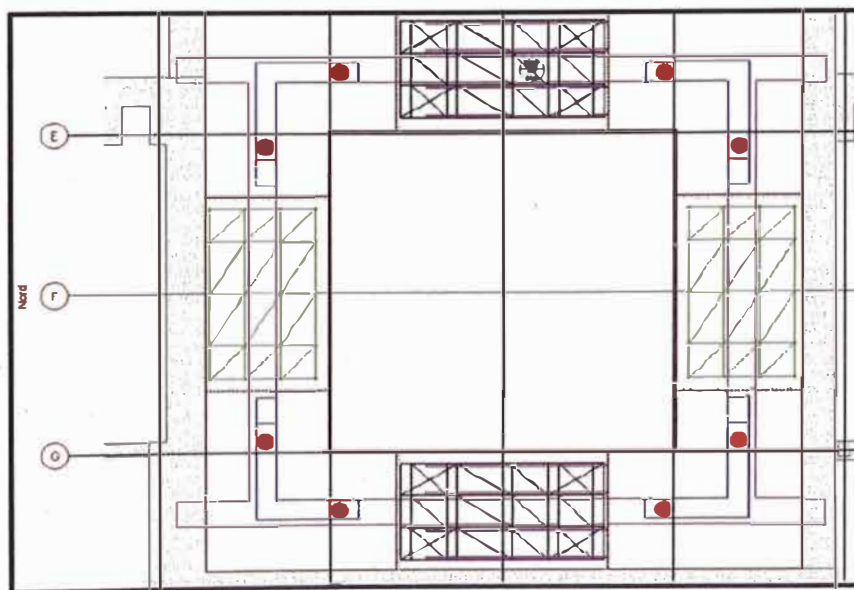


Figura 40: Emplazamiento de pistón plats.

La descensión de carga estimada por la oficina de estudios es de 105 tones por pistón plats.

Dos parámetros se deben considerar para esta transmisión de carga.

Parámetros a tomar en cuenta	
Parámetro	Valor
Descenso de carga por Pistón Hidráulico plat	105000 daN
Descenso de carga con coeficiente de 1.2	126 000 daN
Espesor del mega-esquinero	60 cm

El hecho de incrustar el pistón, permite vaciar directamente dentro del bloc de concreto.

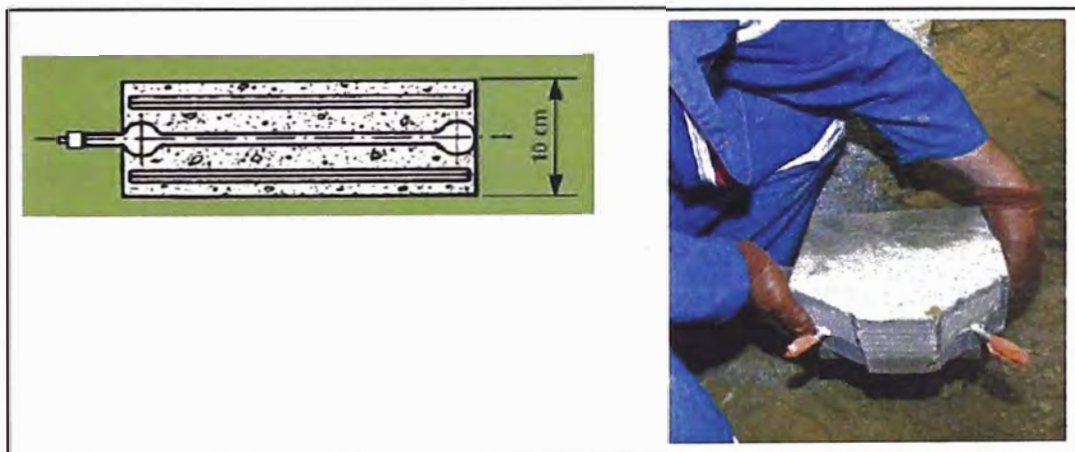


Figura 41: Pistón plats incrustado dentro del bloc de concreto.

El llenado se puede realizar utilizando resina epoxi o una lechada especial. La segunda solución es aún más económica y ofrece un rendimiento igual.

El pistón escogido por la sociedad freyssinet: será un pistón hidráulico plat de 420 mm de diámetro y de un pistón de 25mm teniendo una fuerza nominal de 2270 kN.

CAPÍTULO IV: PRINCIPALES TÉCNICAS DE REHABILITACION.

Este capítulo tiene por objetivo describir, las diferentes operaciones especiales de reparación, refuerzo e innovación, que se emplean en la rehabilitación de edificios patrimoniales. Para lo cual se expondrán casos reales de reforzamiento, en el cual se utilizaron diversas técnicas tecnológicas aplicadas. Cabe especificar que no en todos estos casos de rehabilitación, he apoyado directamente, sino que es información recolectada o compartida por diversos colegas.

3.7. REFORZAMIENTO DE FUNDACIONES - CONSERVATORIO DE MÚSICA, DANZA Y DE ARTE DRAMÁTICO MERIGNAC - BURDEOS

3.7.1. Descripción General

Se trata de efectuar los trabajos de rehabilitación, y renovación del castillo Psychotte (Maison Carree d'ARLAC), así como del desarrollo exterior y de la realización de dos edificios enterrados (Edificio Central EC y Edificio Lateral EL).

En el presente capitulo se abordara solo los trabajos de rehabilitación de fundaciones efectuados en el presente proyecto.

3.7.2. Estudio de suelos y reconocimiento estructural

El informe de la investigación geotécnica de la empresa "ECR Medio Ambiente" reconoce los siguientes suelos:

- grava arena y grava arenosa
- arcilla
- conglomerado arcilloso y arenoso
- conglomerado oligoceno de piedra caliza.

El espesor y la profundidad de la formación varían en función de su ubicación en el sitio. Y señala específicamente que las fundaciones deban ser ancladas como mínimo en 0,50 m en el terreno conglomerado y en función de la variación del estrato, además se encontró la Napa freática 14m NGF por debajo de este nivel se requerirá trabajos de impermeabilización y la inclusión de una presión hidrostática sobre la estructura.

Este edificio construido en el siglo XVIII, de tipo dos niveles (R+1), con ático y nivel de semisótano, el cual es clasificado como monumento histórico de la comunidad de Burdeos.

El cual presenta los siguientes reconocimientos estructurales de parte de la empresa "GINGER CEBTP" que reconoció:

- Sub suelo Semi-enterrado, constituido de muros de piedra de enterrada cuyo espesor varía de 60 a 90 cm.
- Primer y segundo piso, de muros constituidos de piedra entallada, cuyo espesor varía de 30 a 60 cm.
- El conjunto de losas son de madera, constituidos de vigas de madera con piso de madera
- El techo del edificio está constituido de una estructura en madera con una cobertura en zinc.



Figura 42: Maison carre.

3.7.3. Estudio de fundación.

En el caso de los trabajos de fundación a realizar tenemos dos tipos de técnicas de calzadura de fundación a realizar, las cuales fueron:

- Fundación en jet grouting.
- Fundación en micro-pilotes.

Siendo materia de estudio de este capítulo la fundación en jet grouting.

3.7.4. Fundación en jet grouting.

La fundación en jet grouting será utilizada en el caso del ascensor que conectara la Maison carree, con el edificio central EC de manera subterránea, para la cual se realizaran columnas en jet grouting que transfieran la carga del asesor a crear en la zona existente y poder conectarla a través de una pasaje enterrado al edificio central.

Esta técnica del Jet Grouting, constituye un método de mejora del terreno en el cual se inyecta un fluido mediante el empleo de una alta energía que rompe la estructura del terreno para luego mezclarse con el mismo y formar un suelo mejorado. Se presentan lineamientos de diseño y ejecución mediante esta técnica.



Figura 43: Jet de agua saliendo por la tobera del monitor.

El Jet-Grouting es una tecnología que utiliza la inyección radial de fluidos, a muy alta velocidad, para desagregar (erosionar) el terreno,

sustituyendo parcialmente el material erosionado y mezclándolo con un agente de cementación para formar un nuevo material.

La aplicación de esta técnica, nos permite introducir en el terreno nuevos materiales en la forma de columnas enteras o truncadas, que consiguen mejorar las características geotécnicas resistentes de la zona tratada, reducir su deformabilidad, o disminuir su permeabilidad. Sus aplicaciones se han extendido a una gran variedad de trabajos que incluyen: cimentaciones, calzaduras, soporte de excavaciones, mejoras del terreno, obras auxiliares para la construcción de túneles, estabilización de laderas, control del agua freática, etc.

Las ventajas de aplicación de esta técnica radican en su aplicabilidad a casi todos los tipos de suelos; tratamientos particularizados o a estratos de suelos específicos; utiliza componentes inertes; su ejecución es sin vibraciones; y la posibilidad de trabajar con limitaciones de espacio.

3.7.5. Sistemas de Jet Grouting.

Hay tres sistemas tradicionales de jet grouting. La selección del sistema más apropiado es una función del suelo a tratar, la aplicación, y las propiedades del suelo tratado para el fin deseado. Sin embargo, cualquier sistema puede ser utilizado en casi todas las aplicaciones si el diseño y la ejecución son congruentes con el sistema elegido.

- Mono-fluido:

La inyección de lechada de cemento es bombeada por el varillaje y sale por la tobera horizontal del monitor con una alta velocidad (aprox. 200 m/seg). Esta energía causa la erosión, disgregación, mezcla y desplazamiento del suelo. Este sistema es el más antiguo y simplificado. Se pueden emplear varias toberas.

- Doble fluido (agua):

Un varillaje interno de dos fases es empleado para separar la provisión de agua y lechada de cemento a dos toberas desplazadas verticalmente del suelo. La disgregación del terreno se realiza con agua a alta presión por la tobera superior y la inyección de relleno de lechada por la tobera inferior.

- Triple fluido:

Lechada, aire y agua son bombeadas a través de diferentes líneas al monitor inferior. Agua a alta velocidad envuelta en un chorro de aire que

forma el medio erosivo. La lechada sale a una velocidad menor por una tobera separada, debajo del jet de erosión. Esto separa el proceso de erosión del proceso de inyección.

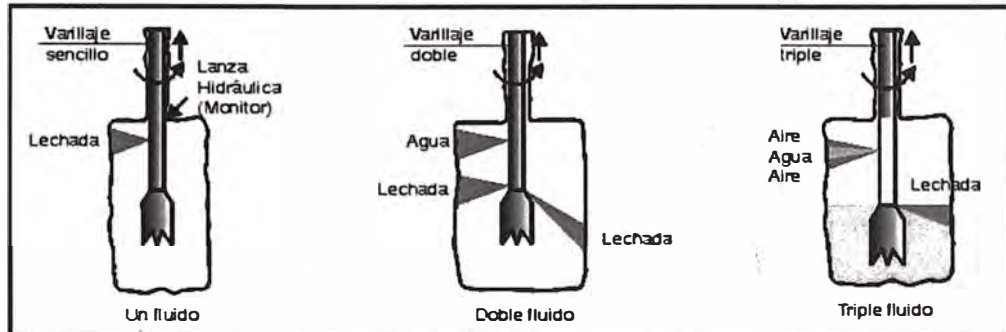


Figura 44: Sistemas Estándar de Jet grouting.

o Súper-Jet (doble fluido, aire):

Este sistema utiliza la base de un sistema de doble fluido (aire + lechada), pero con un monitor altamente sofisticado, especialmente diseñado para gobernar y focalizar de una manera precisa la energía de la materia inyectada. La lechada es empleada para erosionar y mezclarse con el suelo. El aire envuelve el jet de lechada para incrementar la eficacia de la erosión. Valiéndose de una baja velocidad de rotación y ascenso, se alcanzan grandes diámetros de columnas de suelo tratado.

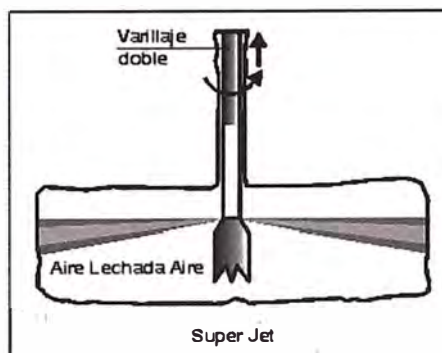


Figura 45: Super-jet grouting.

3.7.6. Descripción del método.

El procedimiento de ejecución comienza con la realización de una perforación en el terreno hasta la profundidad requerida, que permite que el útil de inyección acceda al lugar deseado del tratamiento. A continuación se inicia la inyección para poder formar el cuerpo de suelo tratado,

mediante el desplazamiento vertical del monitor (la cabeza de inyección) y aplicando simultáneamente rotación.

El jet rompe el terreno que es desplazando parcialmente hacia el exterior por el espacio anular que queda disponible entre el varillaje y la perforación. La holgura entre el monitor y las paredes de la perforación es de vital importancia para el tratamiento pues si se obtura este camino el recinto perforado entrará en carga y podrá producirse una fracturación. La inyección de cemento se mezcla con el terreno y también parte de la misma es expulsada. Todo el material expulsado a la superficie constituye el material de resurgencia.

El monitor se extrae con una velocidad de ascenso y una velocidad de rotación por lo que las formas constructivas habituales son "columnas". También se puede programar el equipo para realizar otras formas como paneles (ascenso casi sin rotación). La cual fue usada en nuestro mencionado proyecto.

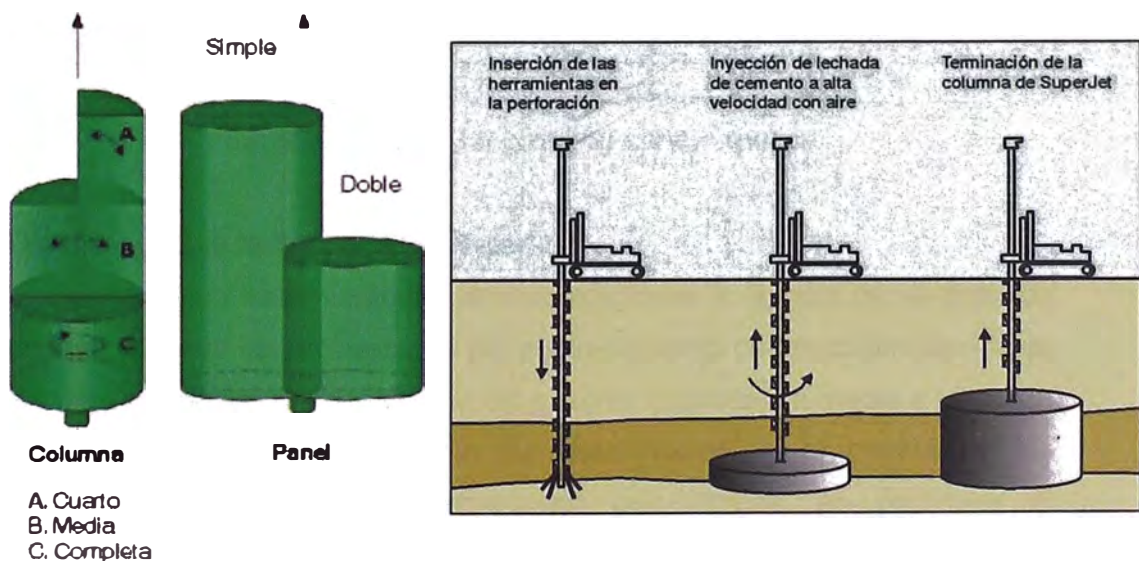


Figura 46: formas y procesos - jet Grouting.

Hay dos formas de ascenso del monitor, una en forma discontinua con etapas de permanencia en cada escalón de ascenso y otra continua formando, en conjunto con la rotación, un espiral. Las instalaciones para el equipamiento consisten habitualmente en: silos de cemento, plantas automáticas (batch plants), especialmente diseñadas para facilitar una

mezcla vigorosa de las partículas coloidales, con proporciones exactas y con una producción suficiente (hasta 30 m³/hora), bombas hidráulicas capaces de suministrar los fluidos en los volúmenes y presiones apropiados, perforadora hidráulica, varillaje y herramientas adecuadas tanto de perforación como de inyección, mangueras de alta presión, etc. El método de perforación para las condiciones de terreno señaladas anteriormente fue un diámetro de varillaje de 80 mm y el de la perforación de 100 mm.

Tabla 4: Parámetros jet Grouting

Parámetros de trabajo	Monofluido	Doble fluido (aire)	Doble fluido (agua)	Triple fluido	SuperJet
Presión de la lechada (MPa)	30-50	30-50	> 2	> 2	30-50
Caudal de la lechada (l/min)	50-450	50-450	50-200	50-200	300-450
Presión de agua (MPa)	-	-	30-60	30-60	-
Caudal de agua (l/min)	-	-	30-150	50-150	-
Presión de aire (MPa)	-	0,2-1,7	-	0,2-1,7	0,2-1,7
Caudal de aire (m ³ /min)	-	3-12	-	3-12	3-12
Toberas de corte (mm)	1,5-5	1,5-6	1,5-6	1,5-6	4-6
Toberas de relleno (mm)	-	-	4-12	4-12	-
Velocidad de ascenso (cm/min)	20-70	10-50	10-50	10-50	5-30
Velocidad de rotación (rpm)	10-30	5-20	5-20	5-20	2-15

Fuente: producto Jet grouting construmatica

3.7.7. Diseño – propiedades del suelo tratado

El diseño de un tratamiento del terreno mediante la técnica de jet-grouting precisa conocer las propiedades del suelo-cemento de las columnas. Tanto las propiedades intrínsecas del suelo tratado, (resistencia media a tracción, compresión, cortante y módulo de deformación, y el coeficiente de permeabilidad), como las propiedades geométricas, en particular el diámetro mínimo de la columna creada. Estas propiedades se pueden obtener mediante métodos empíricos, con tablas obtenidas en tratamientos realizados en terrenos similares o mediante columnas de prueba realizadas "in situ", previamente al tratamiento general. La lechada de cemento utilizada tiene una dosificación de 1, en el cual se emplearon aditivos acelerante, para aumentar la impermeabilidad, llegando a obtener una resistencia a compresión simple de 10 MPa, y una resistencia a la tracción de 1 MPa (aproximadamente 10% de la RCS y la resistencia al

corte como un 8% de la RCS) En la tabla 25 se dan las referencias de rangos de valores del suelo tratado

Tabla 5: Mejora de resistencias.

Tipo de suelo tratado	Arcilla	Arenas limosas	Arenas y gravas limpias
Resistencia a la compresión simple (RCS, MPa)	2 - 5	3 - 7	4 - 15
Modulo de deformación E (MPa) = $\alpha \cdot$ RCS (MPa)	$\alpha = 300$	$\alpha = 700$	$\alpha = 1000$

Fuente: producto Jet grouting construmatica

Los valores bajos de diámetro de la tabla 26 corresponden normalmente a los suelos muy cohesivos o muy densos, y los altos a los granulares flojos. En terrenos especiales, el diseño de la solución deberá tener en cuenta las características particulares de estos. En terrenos orgánicos baja resistencia, en bolos un efecto sombra y en suelos cementados estrechamiento del diámetro.

Tabla 6: Para dosificación de lechadas a/c de 0,67 a 1

Tipo de Jet Grouting	Diámetro (m)	Consumo de cemento (kg/m)limosas
Monofluído	0,45 ÷ 0,80	250 ÷ 400
Doble fluido	0,60 ÷ 2,00	500 ÷ 1400
Triple fluido	1,00 ÷ 2,50	800 ÷ 1500
SuperJet	2,00 ÷ 5,00	1000 ÷ 8000

Fuente: producto Jet grouting construmatica

En el diseño de una barrera de impermeabilización realizada mediante columnas de jet-grouting, hay que tener en cuenta que su misión fundamental es limitar el paso de agua a través suyo y disminuir los arrastres del terreno.

3.7.8. Procedimientos de control

Se deben de practicar dos tipos de controles: de ejecución y del resultado obtenido. La Norma Europea EN 12716, detalla los procedimientos de supervisión, control y ensayo que se deben seguir.



Figura 47: Campo de prueba – columna en jet grouting.

Para garantizar la homogeneidad en el tratamiento, según los parámetros propuestos, se controla mediante la colocación sensores en los distintos circuitos de fluidos, máquinas y varillaje, que nos proporcionan información en espacio y tiempo de los parámetros fundamentales que definen los distintos tipos de Jet.

- i. Velocidad de ascensión
- ii. Velocidad de rotación
- iii. Caudal de lechada
- iv. Presión de inyección (agua, lechada, aire)

Esta prueba deberá abarcar todas las condiciones pertinentes probables que se puedan encontrar en el lugar de la instalación, con el fin de: permitir una selección del sistema más efectivo y de los parámetros de la inyección, verificar que los resultados están conformes a los requisitos del proyecto, que se está empleando el sistema y los parámetros de inyección adecuados. Con relación a la mezcla de inyección se deberá determinar la densidad, la decantación, la viscosidad y el tiempo de fraguado, debiéndose, asimismo, tomar muestras con la periodicidad para la realización de ensayos de compresión simple.

En el caso del refuerzo de la Maison Carre se realizara mediante el diseño de la ejecución de un tratamiento de refuerzo debajo de la losa del primer piso. El cual fue necesario debida a la transmisión de cargas a desnivel que producía el ascensor al conectar dos edificaciones a diferentes niveles.

Conformándose así paneles de diámetros de 1.20x2, 80 m. En el cual se empleó una mezcla de inyección de cemento con una relación a/c=1, trabajando a una presión de 31 MPa y un caudal de 400 l/min. La resistencia a la compresión simple del producto terminado fue mayor de 10 MPa.

3.8. RECONSTRUCCIÓN Y REFORZAMIENTO EN MADERA SUPERMERCADO CONTINENTE – DOS HERMANAS

3.8.1. Descripción General

En Sevilla, durante la construcción del supermercado “Continente Dos hermanas” tuvo lugar un accidente (afortunadamente sin víctimas) que altero el desarrollo normal de la obra; pues una de las vigas principales de madera laminada-encolada se rompió bruscamente.

La madera laminada, un proceso descubierto inicialmente en el año 1548 por el arquitecto francés Philibert Delorme, quien concibió arcos de madera compuestos de varias secciones unidas entre sí mediante clavos. Y a finales del siglo XIX, Otto Hetze, carpintero alemán, mejoró el proceso introduciendo cola de caseína para garantizar la unión. Naciendo la primera estructura de madera laminada-encolada. Tiempo más tarde se supo que los japoneses ya utilizaban desde el siglo XII estructuras de bambú con madera encolada.

3.8.2. Proceso de fabricación de la madera laminada - encolada.

La madera laminada-encolada, conocida por sus prestaciones técnicas (normalmente superiores a las de la madera maciza) es un material particularmente atractivo. Su proceso de fabricación consiste en encolar varias láminas de madera maciza, generalmente resinosas, de 33 a 45 mm. De espesor. Primero se secan dichas láminas y se corrigen sus defectos eventuales, después se pegan unas a otras hasta obtener la longitud deseada: es la fase de ensamblado. Las piezas obtenidas se encolan y superponen en el sentido de la veta de la madera, y se

comprimen a presión. Finalmente, después de lijar la madera se le pueden aplicar tratamientos u acabados para obtener la resistencia y apariencia deseadas. Cabe destacar que estas estructuras “fabricadas” mantienen las propiedades mecánicas de los elementos utilizados.

Si el proceso de fabricación descrito anteriormente está bien definido y controlado, para poder hacer un producto seguro y de características constantes conviene respetar las reglas. En el caso de Sevilla parece que una de las fases de fabricación escapó a los controles del protocolo de fabricación.

3.8.3. Causa del accidente.

El análisis de la viga muestra que dos planos de encolado situados respectivamente a 39 y 65 cm. de la parte superior de la viga se deslaminaron en una longitud de alrededor de 4,60 m, tras lo que se produjo una ruptura de la madera en flexión.

El análisis de los planos de encolado rotos muestra zonas huecas donde la compresión fue insuficiente para garantizar el contacto correcto entre las dos piezas de madera. Al estar éstas deformadas (planos de contacto curvado en la fase de fabricación) debería haber sido eliminadas en la fase de corrección. En consecuencia en algunas zonas la cola no estaba suficientemente comprimida, con lo que no se adhirió correctamente a la madera y el porcentaje de adherencia efectiva entre madera y cola era de solo un 40%.



Figura 48: Vista de madera deteriorada.

3.8.4. Propuesta de reforzamiento.

Los esfuerzos admisibles de los materiales empleados para el refuerzo son:

Tabla 7: Materiales de refuerzo

Armaduras de fibra de vidrio		Mortero de resina epoxídica	
• en tracción	2 330 kg/cm ²	• en tracción	83 kg/cm ²
• en cizalladura	133 kg/cm ²	• en cizalladura	33 kg/cm ²
		• en compresión	266 kg/cm ²
Los esfuerzos admisibles de la madera laminada-encolada son:			
• en flexión estática	categoria I	156 bares	categoria II 120 bares
• en compresión axial		144 bares	113 bares
• en tracción axial		167 bares	96 bares
• en cizalladura longitudinal		13 bares	13 bares
• en tracción transversal		4 bares	4 bares

Fuente: renofor tabla de propiedades

Se propuso una solución de reparación y refuerzo controlada mediante cálculo matemático y modelización numérica de los esfuerzos (en tracción, en compresión en flexión y en corte).

3.8.5. Intervención.

Fase 1:

- Siguiendo un riguroso plan, la intervención consistió por una parte en la restauración de elementos laminados fisurados recuperando su cohesión transversal, y por otra parte en la reparación longitudinal de la rotura para tomar los esfuerzos de flexión.
- Para cumplir este objetivo, se colocaron armaduras de fibra de vidrio en perforaciones perpendiculares a las láminas, sellando las armaduras a presión utilizando resina epoxídica, y rellenando además las partes fisuradas.
- Este dispositivo garantizó la recuperación de la resistencia a los esfuerzos de tracción perpendiculares a las fibras de la madera, participó en la cohesión material del conjunto y en la recuperación de la resistencia a los esfuerzos de cizalladura longitudinales.



Figura 49: Fase 1 - rehabilitación.

Fase 2:

- Además, el procedimiento ha permitido reconstituir correctamente la continuidad del material, devolviéndole sus propiedades mediante la colocación de armaduras de fibra de vidrio en tensión dentro de las entalladuras practicadas. Se garantizó la transmisión de cargas entre las armaduras y el material a reforzar mediante encolado con resina.
- Esta intervención, cubierta por la garantía decenal reglamentaria, respetó el aspecto estético y arquitectónico del edificio y permitió la puesta en servicio del elemento reparado en menos de 48 horas, permitiendo con ello cumplir los plazos de ejecución.



Figura 50: vista rehabilitada.

3.8.6. Reconstrucciones en madera.

Las estructuras de madera, también se deterioran por infiltraciones y micro-organismos a consecuencia de una mala ventilación interna. Por lo cual tras el saneado de las partes degradadas de la madera, se colocaron conectores de fibra de vidrio, sellándolos con resina a las zonas sanas de la madera. De este modo, se garantiza la continuidad estructural entre las partes conservadas y las partes reconstituidas con mortero de resina. Este tipo de refuerzo es imputrescible, no genera «punto de rocío» en contacto con la madera original y tiene una deformabilidad muy parecida a la del sustrato de madera, garantizando así la cohesión entre la madera original y el refuerzo con mortero de resina.



Figura 51: Reconstrucción de madera.

3.8.7. Reconstrucción de los extremos de las vigas

Los extremos de las vigas empotrados en las albañilerías acaban pudriéndose a causa de las infiltraciones procedentes del techo, o de absorciones capilares desde los revestimientos de las albañilerías o de los propios aparejos de piedra. Frecuentemente, se instalaban refuerzos (metálicos o de madera) para restablecer el apoyo de la viga sobre su muro portante sin tener en cuenta las diferencias de elasticidad entre madera y metal ni los riesgos de condensación por inercia térmica en la interfaz madera-metal. Tradicionalmente, se hacía necesaria la sustitución pura y dura de las vigas o viguetas de la losa.

Tras apuntalar la estructura y eliminar la zona degradada de la viga, se colocan conectores de fibra de vidrio sellados con resina en las zonas sanas de la madera y reconstruye la zona dañada con un mortero de resina, inalterable y químicamente inerte colocado in-situ mediante un encofrado.

No hay riesgo de condensación en la unión pegada entre madera y mortero de resina; el resultado es una viga que, tras su limpieza, tratamiento y acabado recupera el aspecto natural de la madera, sin rastro de intervención aparente en la misma.

Esta técnica de reparación no requiere el desmontaje de ningún elemento de la estructura, simplificando y permitiendo reducir el plazo de ejecución de las obras.

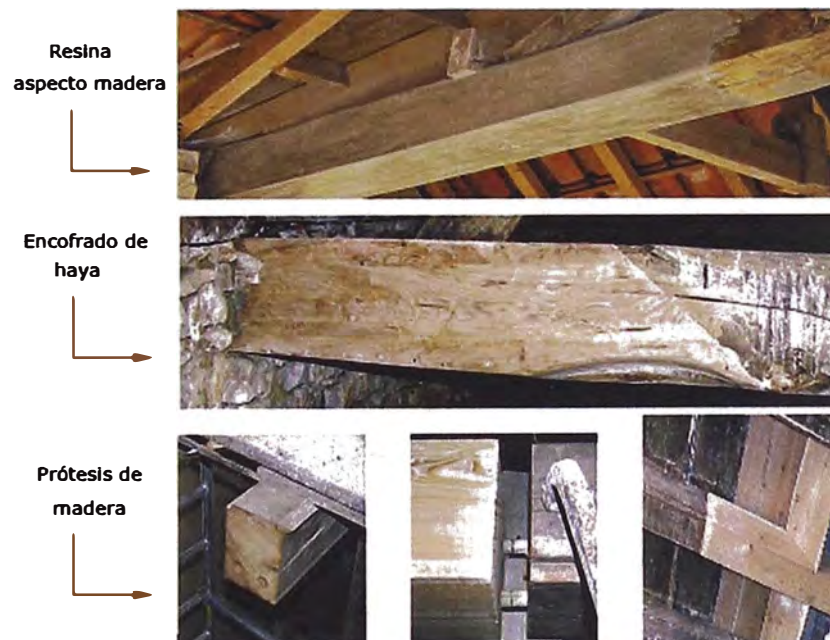


Figura 52: Reconstrucción de vigas.

3.8.8. Reparaciones y embrochalado de estructuras de madera

Muchas estructuras de madera machihembradas o con diversos ensamblajes pierden cohesión, se debilitan o se rompen.

En estos casos es posible reparar los daños sin desmontar la estructura de madera, reforzándola con armaduras selladas con resinas para garantizar la continuidad de la estructura.

Esta técnica también permite coser elementos portantes afectados por grietas perjudiciales.

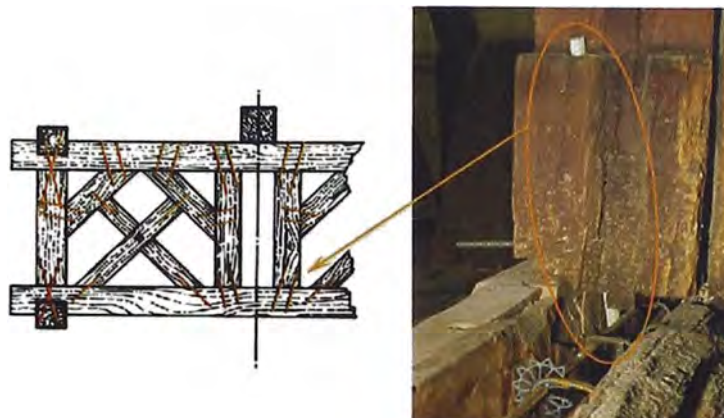


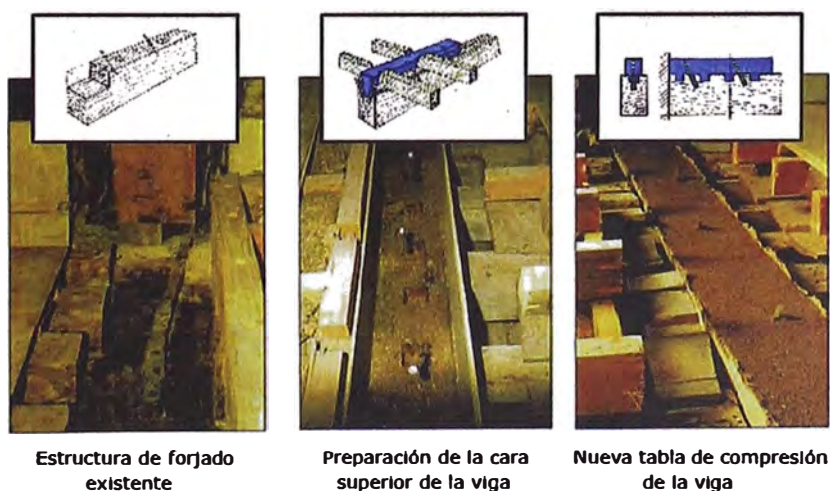
Figura 53: Reparación de machihembrados.

3.8.9. Refuerzo de vigas por su cara superior

Este procedimiento se aplica a trabajos de refuerzo de losas tradicionales de madera.

Estos refuerzos suelen realizarse por el cambio de destino de edificios antiguo a rehabilitar que, en función de los nuevos usos previstos y en particular en usos de pública concurrencia (museos, salas de reuniones, archivos, bibliotecas, galerías, etc.) han de ser capaces de soportar incrementos sustanciales de las sobrecargas.

Si los espesores de la losa lo permiten, se puede recuperar o incrementar la inercia de las vigas y, en consecuencia, su capacidad portante adhiriendo en su cara superior secciones suplementarias en compresión de mortero de resina. Estos refuerzos en la zona de compresión se conectan a las vigas por su cara superior mediante sistemas de encolado reforzados con armaduras dispuestas en rebajes previamente practicadas.



Estructura de forjado existente

Preparación de la cara superior de la viga

Nueva tabla de compresión de la viga

Figura 54: Reparación de viga cara superior.

3.8.10. Sistemas de losa auto-portantes ligeros REBOFIL y KERTO

En un edificio antiguo, estos sistemas permiten colocar in-situ losas que admitan sobrecargas superiores a las existentes sin transmitir las a las vigas originales y sin el aporte de humedad que supondría un refuerzo de hormigón conectado a las vigas de madera.

Los sistemas de losa KERTO (paneles de madera laminada encolada) y REBOFIL (planchas encoladas y acanaladas) disponibles en diversas longitudes y espesores en función de la inercia mecánica exigida pueden utilizarse para realizar losas portantes de madera ligeros con inter-ejes y luces entre apoyos importantes. Son sistemas secos (sin aporte de humedad), reversibles y evitan el apuntalado de la losa a rehabilitar. Además, el sistema REBOFIL puede dejarse visto y tras su lijado y tintado puede utilizarse directamente como parquet final o como falso techo. Estos sistemas de losas de madera ofrecen un aislamiento acústico natural.

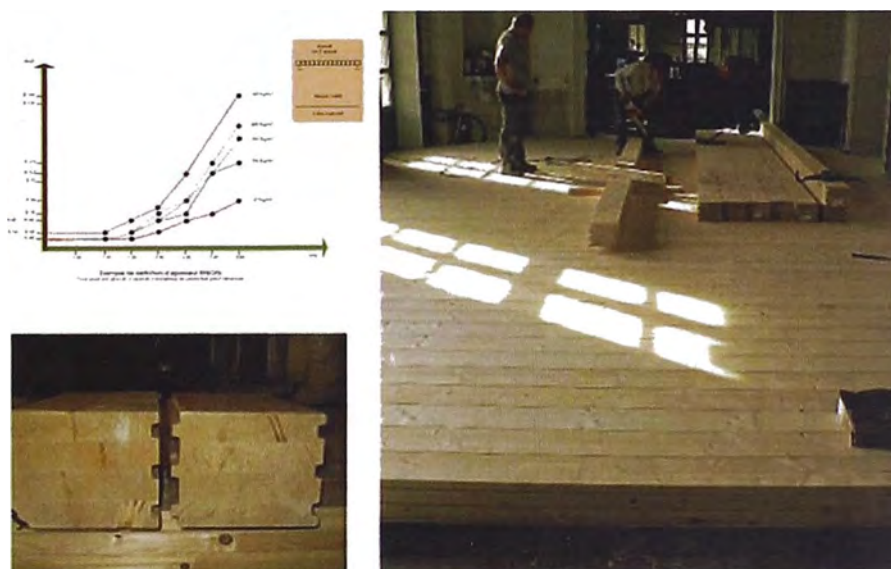


Figura 55: Losa auto-portante.

3.9. RESTAURACIÓN DE FACHADAS EN CONCRETO ARMADO - PLANTA DE SELECCIÓN Y LAVADO DE CARBÓN DE BINCHE.

3.9.1. Descripción General

Dentro del marco de un ambicioso programa de rehabilitación del patrimonio industrial, lanzado por el gobierno de Bélgica, se contempló la rehabilitación de la planta de selección y lavado de carbón de Binche. Dicho patrimonio realizado íntegramente en concreto armado, fue

construido para la explotación del carbón e inaugurado en 1954, y deteniendo sus actividades en 1969.

Dicho edificio rectangular de 57m x 52m y de una altura aproximada de 30 m. la cual está compuesta de columnas, vigas y de losas plenas prefabricadas Hourdi en concreto armado. Con una superficie de 3,500 m² de vidrio, que permite obtener una gran iluminación natural.

Este gigante en concreto armado, que ha servido durante quince años para seleccionar y lavar el carbón extraído de los alrededores, construido en plena campaña de Hainaut y gracias a las ayudas del plan Marshall para el desarrollo de la industria minera, esta planta de selección y lavado, una de las más grandes de Europa, se encuentra en estado de abandono desde 1969. Amenazada en el año 2000, por un plan de demoliciones, pero al final rescatada gracias a la perseverancia de los defensores del patrimonio industrial. El cual fue declarado patrimonio en el año 2003.

3.9.2. Diagnostico Científico.

Vista la necesidad de rehabilitar dicho monumento, un diagnostico científico se impone, el cual fue realizado con la colaboración de un laboratorio especializado.

El diagnostico evidencio que la patología que sufre el edificio se debe esencialmente a la carbonatación del concreto (caída del pH) ligada a la presencia del CO₂ del aire. Dicha carbonatación ha afectado a la armadura provocando su corrosión y la fragmentación del hormigón.

La aplicación del tratamiento patentado NOVBETON® permite resolver este problema de corrosión ya que garantiza:

- La regeneración química del hormigón y la reconstitución de una capa de recubrimiento protectora de los aceros.
- La durabilidad, La conservación del edificio respetando su estética original.

3.9.3. Prescripción de ensayos de laboratorio a realizar

Estos ensayos permitirán determinar:

- Las propiedades mecánicas del concreto y sus armaduras (resistencia, elasticidad)
- Las características asociadas a su durabilidad (nivel de exposición y tipo de entorno del concreto-porosidad AFREM, permeabilidad al agua / al gas-contaminación por cloruros- inflamientos ASR y/o sulfáticos)
- La densidad y posición de la armadura (estudio paco-métrico) asociada con una cartografía de los potenciales de corrosión de la construcción.
- Prescripción de estudios de la mineralogía de las pastas de cemento y de los áridos (naturaleza y proporciones) para identificar la composición del concreto endurecido (tasa de cemento, relación a/c, presencia de escorias o puzolanas, de áridos reactivos o áridos pesados para el concreto)
- Definición de los ensayos para medir la resistividad del hormigón.
- Redacción de la síntesis científica de las interpretaciones de las medidas tomadas.

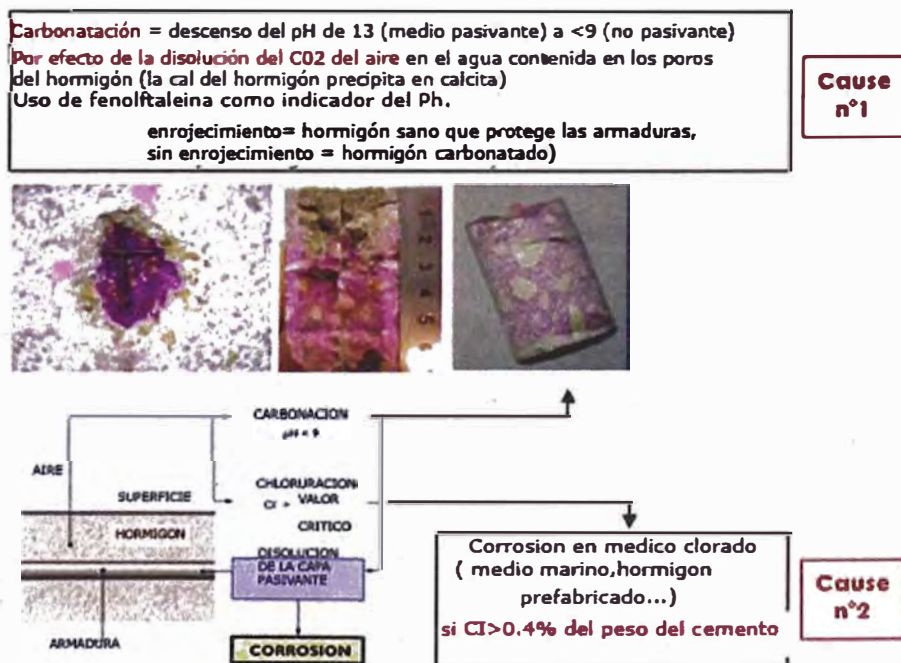


Figura 56: principales causas de la corrosión de las armaduras.

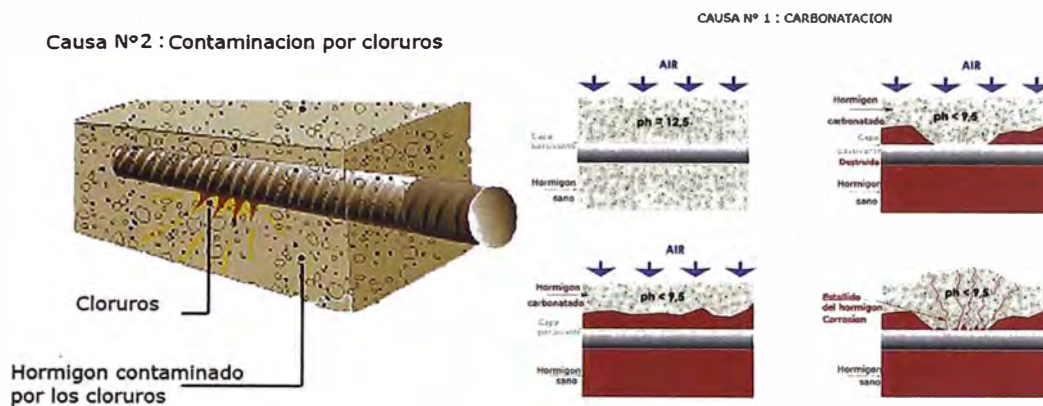


Figura 57: Causas 1 y 2.

3.9.4. Tratamientos tradicionales

Los principios habituales de limpieza, rehabilitación y pasivación de los aceros en las estructuras de hormigón que presentan desprendimientos y fragmentaciones, para los hormigones carbonatados que presentan escasos recubrimientos y/o una porosidad elevada, se recomienda el uso complementario de un inhibidor de la corrosión.

Sin embargo, en este proyecto no se consideran pertinente este tipo de reparaciones tradicionales hasta que se emita un diagnóstico que determine las causas de las patologías y si la corrosión es un fenómeno aislado (local) o generalizado en la construcción. En este último caso, se considerará el uso tratamientos electroquímicos contra dichas patologías.

De hecho, una corrosión parcialmente diagnosticada seguida de reparaciones puntuales de los desprendimientos, que son generalmente lugares anódicos, puede acabar en un desplazamiento de estas zonas anódicas a lo largo de las armaduras, propagando nuevamente la corrosión.

Este fenómeno de zonas anódicas inducidas conduce rápidamente a nuevas fisuraciones del hormigón en la proximidad inmediata de las zonas reparadas.

3.9.5. Tratamientos electroquímicos

► Protección Catódica.

Se debe dimensionar e instalar sistemas de protección contra la corrosión de las armaduras del hormigón con ánodos galvánicos. Cuando es necesario, estos ánodos pueden ser conmutados temporalmente mediante

la aplicación de corrientes para acelerar cambios iónicos a fin de des-clorar o de re-alcalinizar el hormigón más próximo a las armaduras.

Funcionando con un principio idéntico al de los ánodos de sacrificio de los cascos de acero de los barcos, los ánodos se posicionan en pequeñas perforaciones previamente realizadas en el hormigón próximo a las armaduras, que después se cubren con un tejido de resistividad controlada. Instalados permanentemente en la construcción, estos ánodos liberan una corriente galvánica de protección cuando la corrosión está activa. Actúan también como polos colectores de cloruros.

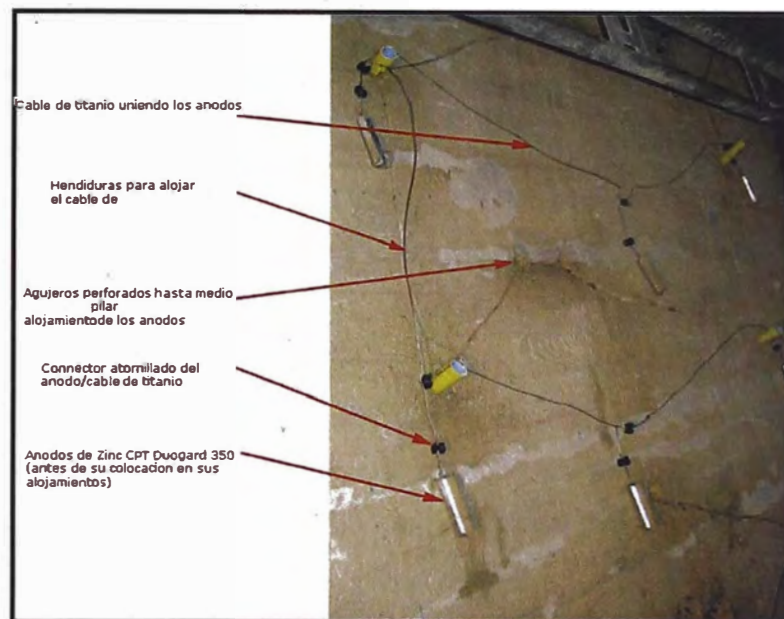


Figura 58: Protección galvanizada.

► Proyección de Zinc.

Se experimenta con técnicas de proyección de zinc sobre estructuras de hormigón para ofrecer protección galvánica distribuida uniformemente en las armaduras. Junto con los sistemas de protección de ánodos galvánicos, estos métodos son prometedores para tratar grandes superficies.

► Protección catódica de corriente impresa

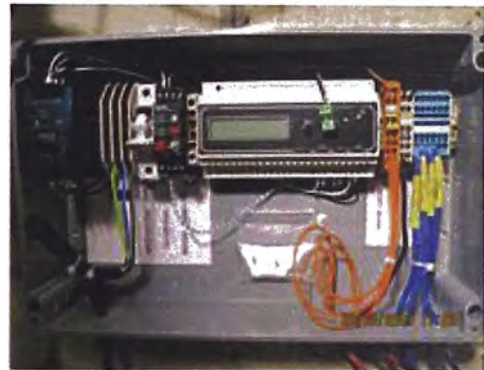
En las construcciones, se instalan sistemas de protección catódica por corriente impresa para proteger las armaduras del hormigón en ambientes clorados o muy húmedos.

Puede hacerse mediante ánodos de titanio insertados en el hormigón o mediante telas o cintas anódicas encoladas a un revestimiento de

resistividad controlada colocado sobre el hormigón. Las armaduras del hormigón se protegen mediante el cambio de potencial de corrosión inducido por la corriente de protección catódica suministrada entre las barras de acero y los ánodos.



Anodos Titane Protection Cathodique (CPI)



Unité de Monitorina (CPI)

Figura 59: Protección catódica

3.9.6. Tratamiento NOVBETON: Re-alcanización/Tratamiento de decloruración

Mediante la combinación de hidrólisis y electro-ósmosis, el método patentado RENOFORS-NOVBETON® permite elevar el pH del hormigón carbonatado cercano a las armaduras, reposicionándolo de nuevo en un medio pasivo.

Este procedimiento electroquímico de corriente impuesta entre las armaduras del hormigón y un plasma anódico colocado temporalmente en la superficie del hormigón permite tratar las zonas afectadas por la corrosión en un plazo de unos quince días. El aspecto original del paramento no se ve alterado por la aplicación de este tratamiento, algo que resulta idóneo para obras en monumentos históricos.

Un método derivado de este procedimiento permite liberar al hormigón de los cloruros, tan perjudiciales para las armaduras, atrapándolos en el plasma electrolítico bajo el efecto de la polaridad de las corrientes de tratamiento



Figura 60: Aplicación NOVBETON

3.9.7. Aplicación del procedimiento NOVBETON

1. Preparación

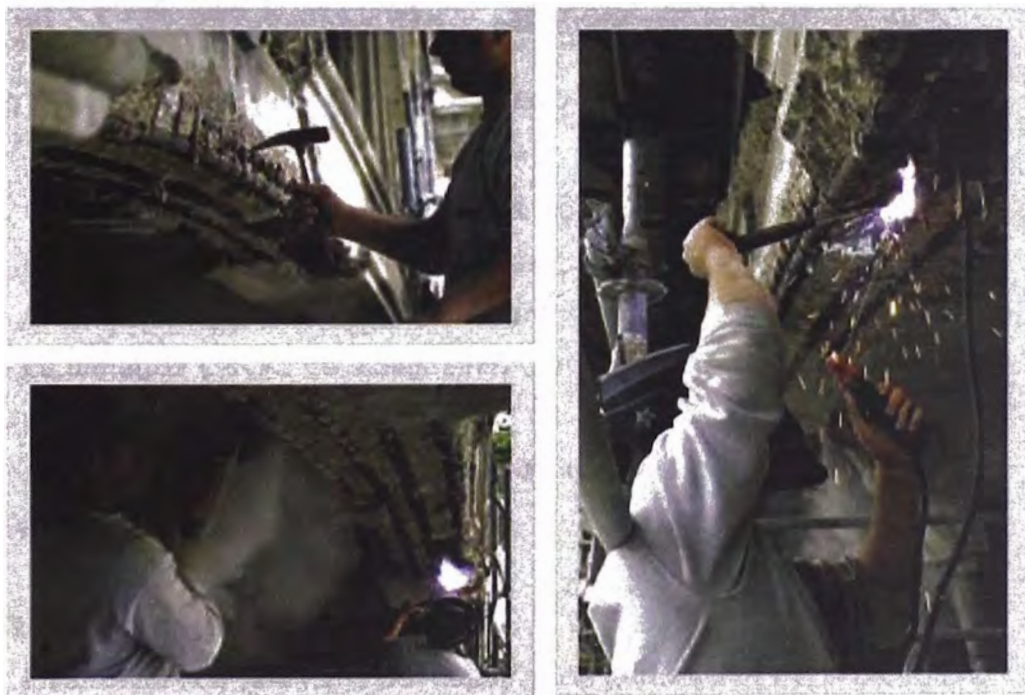


Figura 61: Preparación NOVBETON

Comprobación de la continuidad eléctrica de las armaduras mediante un ohmiómetro. Creación de puentes eléctricos. Limpieza de las zonas de concreto no adherentes.

2. Preparación



Figura 62: Preparación NOVBETON II

- Colocación de una malla soldada con conectores eléctricos en la superficie de las zonas carbonatadas que requieren tratamiento.
- Gunitado de pasta de celulosa sobre la malla. Esta capa de escasos centímetros servirá de alojamiento para el electrolito y se humidificará periódicamente.
- Aplicación de la corriente según criterios precisos y un control regular de los parámetros.

3. Control de resultados

- Realización de una toma de muestras de perforación y una prueba con fenolftaleína para comprobar en qué zonas del hormigón la alcalinización ha aumentado el pH tras el tratamiento.

4. Acabados

- Realización de una toma de muestras de perforación y una prueba con fenolftaleína para comprobar en qué zonas del hormigón la alcalinización ha aumentado el pH tras el tratamiento.

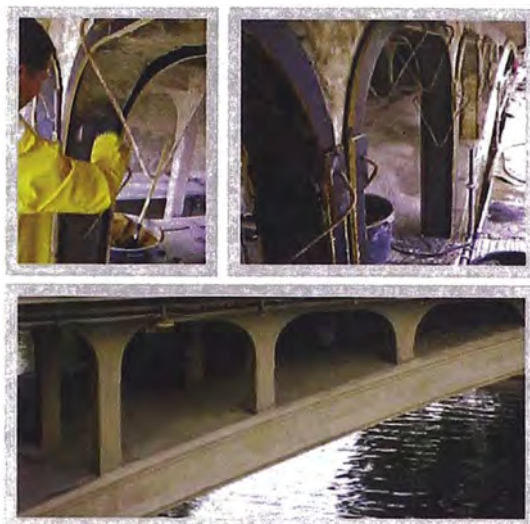


Figura 63: Acabado NOV-BETON

3.9.8. Tratamientos químicos de la corrosión

► Inhibidor de corrosión

Según el grado de porosidad del concreto y el carácter más o menos estructural del elemento a tratar, se podrían colocar inhibidores de corrosión. El tratamiento por inhibidor de corrosión tiene por objetivo crear una película de óxidos estables sobre la superficie de armaduras. El tipo de inhibidor y el método de aplicación son definidos después del diagnóstico de la patología del concreto. Este método es aplicado por intermedio de un gel portante que permite asegurar el alcance en profundidad y penetración del inhibidor dentro del concreto, asegurando la buena absorción capilar durante la duración del tratamiento, hasta que el gel sea después eliminado por medio de un lavado de las paredes.

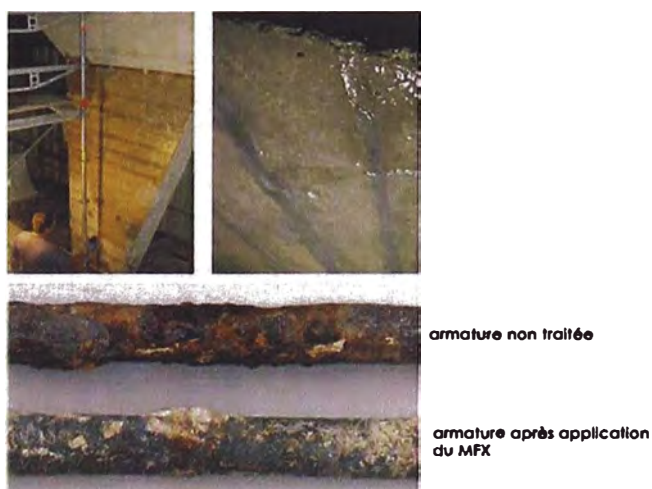


Figura 64: Inhibidor corrosión

3.10. REFORZAMIENTO EN FIBRAS DE VIDRIO Y CARBONO – RESTAURACIÓN DE VENDEOUVRE

3.10.1. Descripción General

El castillo de Vendeuvre (Calvados) padecía una inestabilidad generalizada debido a un asentamiento del suelo.

A fin de evitar los complicados trabajos de reparación en el subsuelo y la cimentación, y particularmente en la losa, el arquitecto encargado de los Monumentos Históricos buscaba la mejor solución para solidarizar las fachadas del castillo asegurando así la estabilidad del conjunto. Optando así por un exitoso proceso de consolidación por vigas de atado (zunchos) perimetrales atirantadas en fachadas y muros de carga, ancladas a los forjados en el castillo de Vendeuvre

El proyecto inicial de rehabilitación consistía en poner una capa de concreto armado a la altura de la losa del primer piso. Dicha capa va conectada a una viga metálica central. Esta solución implicaba la intervención en el interior del edificio para efectuar el desmontaje del embaldosado y valiosos elementos ornamentales en un gran espacio central. Ahora bien, el castillo de Vendeuvre, cuya decoración interior se encuentra en perfecto estado de conservación, está habitado y, además, abierto al público para que pueda disfrutar de una de las mejores colecciones de autómatas, muebles y objetos en miniatura.

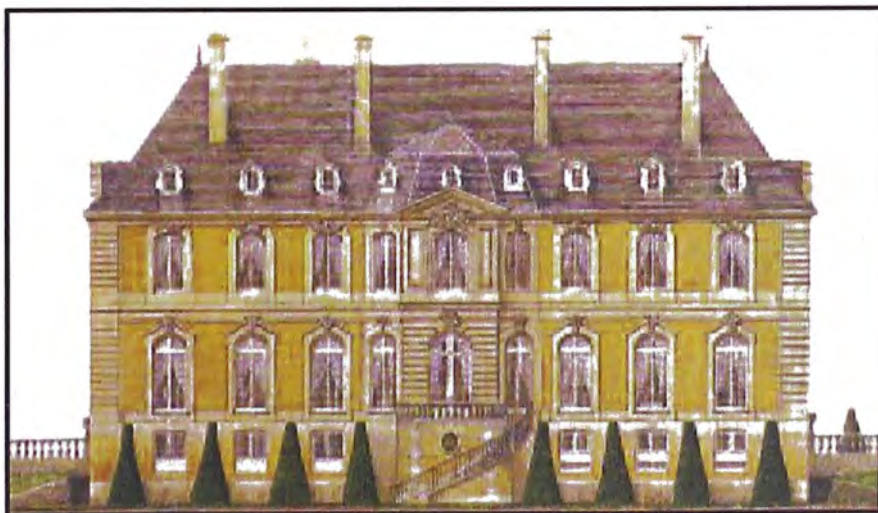


Figura 65: Vista del castillo Vendeuvre

3.10.2. Procedimiento de aplicación.

Tras un preciso estudio de modelar y analizar las estructuras existentes, se determinó la problemática que genere inestabilidad en la estructura. La cual se debía a los asentamientos producidos en el suelo.

Es así que se propuso una solución de refuerzo de las albañilerías mediante armaduras de fibra de vidrio recubiertas de morteros con resinas sólo a nivel de las fachadas y muros de carga, ofreciendo así las siguientes ventajas:

- Una unión perfecta de los tirantes con la albañilería
- La creación de dos capas de tirantes, una a nivel del forjado de piso, la otra a nivel de la cornisa, con el fin de optimizar la eficacia del sistema.
- La ausencia casi total de obras en el interior,
- Un costo reducido

Efectivamente, el éxito de esta tarea requería, en todo momento, una gran precisión en la ejecución y un riguroso control de cada una de las acciones emprendidas, por ejemplo:

- La ejecución de perforaciones de gran longitud (a solo 200 mm de profundidad) guiadas por láser (figura 1 y 2),
- El control de calidad de las perforaciones por endoscopia y grabaciones en video (3 y 4),
- El posicionamiento de las armaduras de fibra de vidrio con los diámetros establecidos en el cálculo.
- La utilización de resinas de viscosidad adaptada a un material de inyección de aplicación automatizada para evitar fugas por las fisuras,
- La verificación de los refuerzos mediante cálculos.

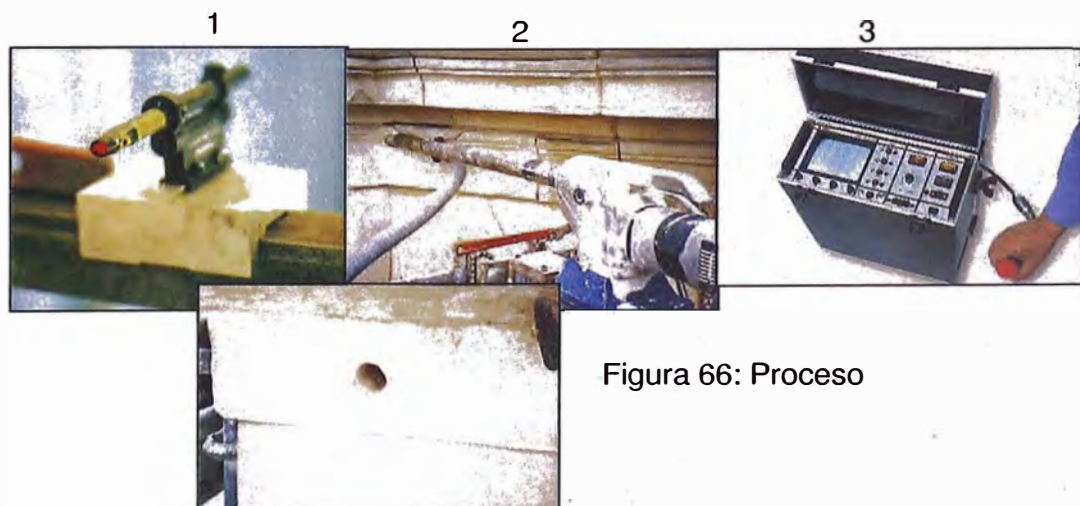


Figura 66: Proceso

3.10.3. Zunchado de edificios mediante tirantes ocultos de fibra de vidrio

Las técnicas habituales de zunchado de edificios consisten en la puesta en obra de tirantes metálicos fijados a sus extremidades con anclajes también metálicos frecuentemente visibles. Aparte del aspecto estético, este sistema acumula tensiones en los extremos, alrededor de los anclajes, provocando bulbos de presión. La naturaleza de los tirantes los deja expuestos a fenómenos de corrosión del metal y a los esfuerzos indeseados consecuentes.

El sistema de zunchado de mejor comportamiento, es el que utiliza tirantes de fibras minerales químicamente inertes. Sellados en toda su longitud con resina, que actúan sobre el conjunto de las albañilerías de forma lineal y homogénea. Garantizando unas prestaciones estructurales elevadas sin añadir esfuerzos adicionales en los elementos constructivos. Las perforaciones realizadas con brocas de punta de diamante se enfrían con aire o agua y no provocan percusiones ni vibraciones en las albañilerías que ya presentan disfunciones estructurales.

Si es necesario los refuerzos se pueden post-tensar en obra para aumentar las prestaciones del sistema de refuerzo. Los zunchos son invisibles y no alteran la arquitectura de las fachadas.

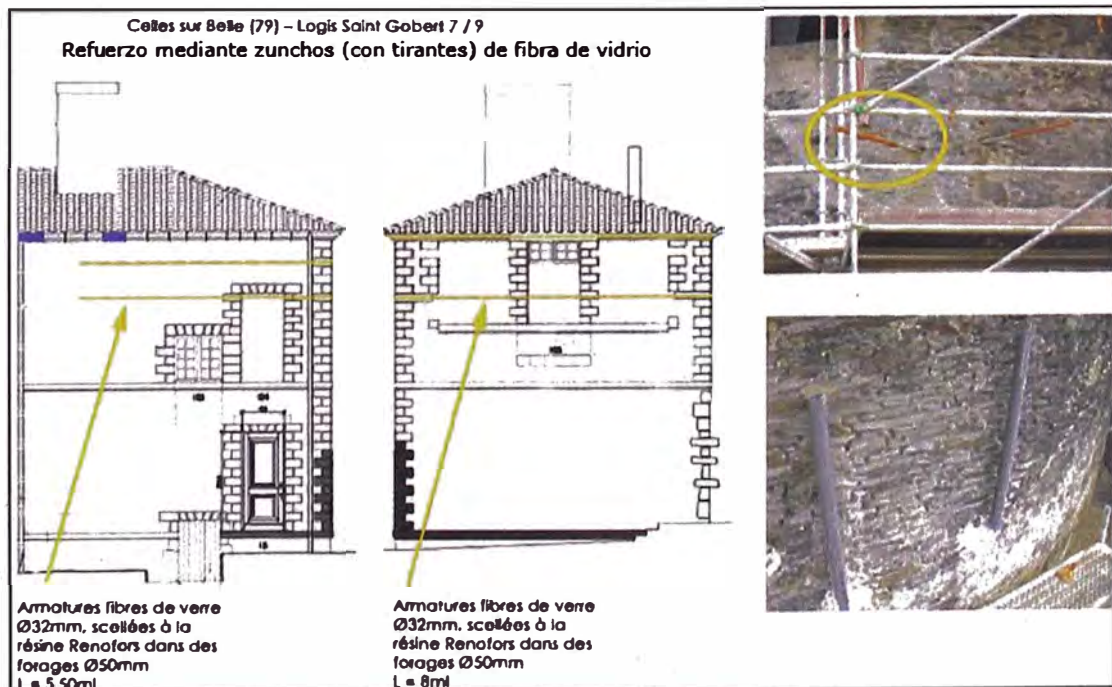


Figura 67: Vista de tirantes

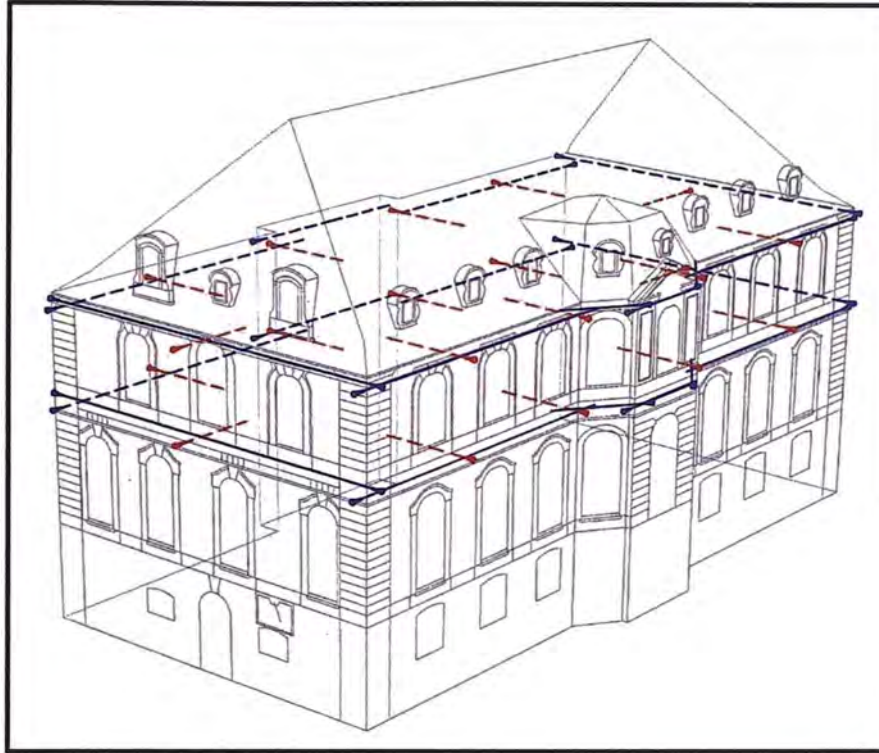


Figura 68: Vista en perspectiva, localización de tirantes

3.10.4. Post tensado de armaduras de fibra mineral.

En ciertos casos, para disminuir el número de tirantes y/o activarlos de nuevo (modificación de cargas), se post-tensa las armaduras con ayuda de un gato hidráulico o de una llave dinamométrica en función de los esfuerzos a resistir.



Figura 69: Proceso de pos-tensado.

3.10.5. Atado de estatuas y paramentos.

Así mismos estas aplicaciones, permiten consolidar conjuntos tan variados como elementos de arquitectura o estatuaria monumental. Estas técnicas, permiten consolidar, reforzar y estabilizar elementos constructivos delicados y complejos.

Los cuales vienen a poseer no solo un valor decoración, sino también otorgan representatividad al edificio patrimonio.

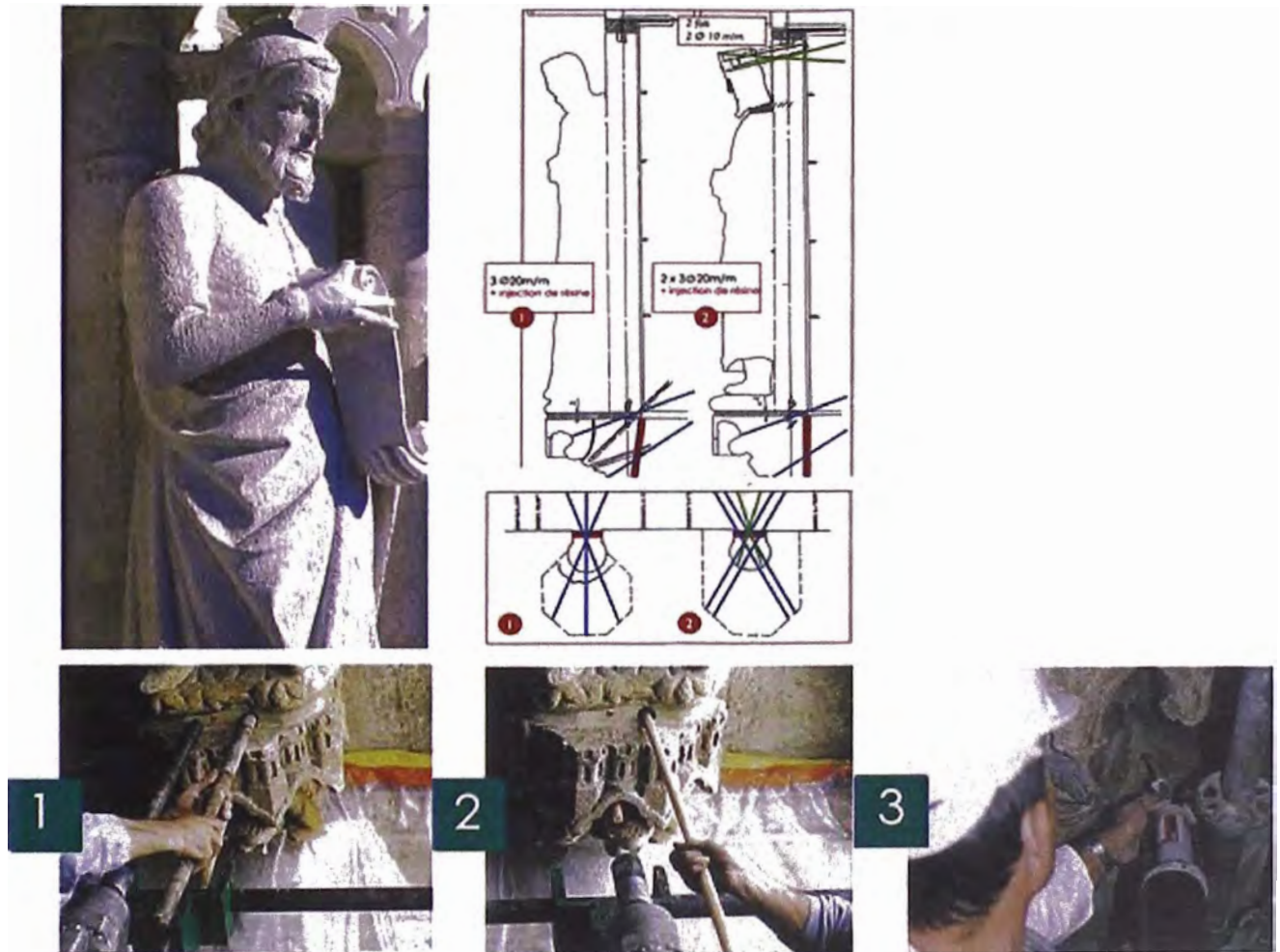


Figura 70: Rehabilitación de Monumentos.

CAPÍTULO IV: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

4.1. CONCLUSIONES

- Conocer ¿Cómo influye el diagnóstico en la rehabilitación? Es en realidad una transcripción de un amplio contexto de la intervención en todos los planos de existencia. Volumetría, instalaciones sanitarias, estructura, resistencia, performance térmica, postura de o de los ingenieros que intervendrán en el edificio. Esta interpretación requiere del ingeniero una entera comprensión y decorticar el edificio al que se enfrenta, para poder emerger la ingeniería del lugar. Entonces el diagnóstico es una referencia que constituye una base que le permitirá hacer emerger soluciones a los distintos problemas que se presentan.
- Para realizar un mejor diagnóstico, se puede apoyar en una base gráfica clasificada y bien definida que permitiría reconocer muchas fallas.
- El diagnóstico en fin será un paso obligatorio antes de cualquier realización de la rehabilitación. En el ejemplo descrito del Ministerio de Extranjería, podemos apreciar la importancia de la cultura constructiva que todo ingeniero debería tener. Y poseer una base teórica necesaria, a pesar de que la experiencia constituya un porcentaje importante.
- En todos los casos, la rehabilitación se basa en una comprensión del espacio y sobre el cual será destinado el nuevo edificio guardando siempre la visión de monumento histórico.
- El proyecto de la rehabilitación de la BNU de Estrasburgo, en el cual participe durante un periodo de 44 semanas, permitió el crecimiento profesional y mi evolución en diversas escalas.
- El tema de calzaduras es un modo operatorio, muy importante en la especialidad de rehabilitaciones. En el cual se pueden apreciar aspectos generales y específicos de diversos procedimientos relacionados a analizar, cuantificar, organizar, etc. las distintas operaciones dentro de las rehabilitaciones de edificios históricos.

- Es necesario realizar la reflexión y análisis de los modos operatorios que se puedan usar en un proyecto, pues esto permite organizar mejor las tareas y poder optimizar en economía y tiempo.

4.2. RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar ante todo proyecto de rehabilitación, un diagnóstico técnico, fundamental que permita descubrir todas las causas y problemas que existan en el edificio existente.
- Se recomiendan considerar todos los análisis en el control de riesgos, lo cual permita reflexionar en el modo operatorio de los trabajos a realizarse.
- Se recomienda el estudio de diversas alternativas, para diferentes procesos constructivos, necesarios para realizar una rehabilitación, los cuales conllevan a la reflexión del ingeniero, proporcionando una mayor eficiencia de las técnicas y métodos escogidos.
- Los procedimientos y tecnologías están en constante innovación, lo cual permite mejorar, la forma, la técnica y eficiencia de los distintos procesos que se involucran en un proyecto de rehabilitación de patrimonios. Por lo cual se recomienda al ingeniero estar en constante capacitación, para conocer las nuevas tendencias y técnicas de rehabilitación.

GLOSARIO TÉCNICO

A

Acartelamiento: Aumento progresivo de la altura de una viga de concreto armado por ensanchamiento análogo de sus elementos de apoyo.

Aditivos: Son componentes de naturaleza orgánica (resinas) o inorgánica, cuya inclusión tiene como objeto modificar las propiedades de los materiales conglomerados en estado fresco. Se suelen presentar en forma de polvo o de líquido, como emulsiones.

Alfeizar: Parte inferior del marco de una ventana

Aligerado: Es el techo de una construcción que, su propio nombre lo dice, esta aligerada con ladrillo hueco, hecho por o fibra de vidrio.

Andamio: Armazón de tablonces puestos de forma horizontal y apoyados en pies derechos y puentes. Sirve para apoyo de los trabajadores en las construcciones o edificios, ya sea para las restauraciones, pintar techos o paredes, decoraciones u otra clase de trabajos.

Apuntalamiento: Es la acción de colocar puntales a fin de sostener un elemento

B

Bóveda: Elemento constructivo lineal de forma curvada, que salva el espacio entre dos pilares o muros. Está compuesto por piezas llamadas dovelas, y puede adoptar formas curvas diversas. Es muy útil para salvar espacios relativamente grandes con piezas pequeñas.

C

Calzaduras: Es un elemento que soporta carga vertical directamente y lo transmite a un estado inferior del suelo, por lo general se definen como estructuras provisionales que se diseñan y construyen para sostener las cimentaciones vecinas y el suelo de la pared expuesta, producto de las excavaciones efectuadas.

Cascajo: Fondo compuesto de piedra muy menuda mezclada con arena.

Columna: Una columna es una pieza arquitectónica vertical y de forma alargada que sirve, en general, para sostener el peso de la estructura, aunque también puede tener fines decorativos.

Cortinas: Porción de muralla comprendida entre dos elementos cualesquiera que rompan la uniformidad del muro tales como torres, cubos, esquinas o precipicios

Cúpula: Bóveda generalmente semiesférica. Es un tipo de cubierta y por lo tanto un elemento arquitectónico sustentado, que descansa bien sobre un tambor, bien sobre pechinas o trompas. Las hay de varios tipos.

E

Encofrado: Molde formado con tableros o chapas de metal en el que se vacía el hormigón hasta que fragua y que se desmonta después.

Escalinata: Escalera exterior, generalmente de grandes proporciones, para dar acceso a un edificio.

G

Galería: Un túnel subterráneo horizontal hecho junto a, o a lo largo de una estructura mineralizada que permite el acceso tanto para explorarla como para desarrollarla.

Geotécnica: ciencia que trata sobre la aplicación de la geología a la ingeniería

Granulometría: Se denomina clasificación granulométrica o granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria, de los materiales sedimentarios, así como de los suelos, con fines de análisis, tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas, y el cálculo de la abundancia de los correspondientes a cada uno de los tamaños previstos por una *escala granulométrica*.

Impermeabilización: revestimiento de piezas y objetos que deben ser mantenidos secos con material permeable que impida el paso de humedad

J

Jet-grouting: Es una técnica de alta presión para desagregación del suelo o de roca poco compacta, mezclándolo y sustituyéndolo por cemento, así se van llenando huecos y discontinuidades. Básicamente se expulsan chorros de lechada de cemento (grout) a través de unas toberas a velocidades muy altas, logrando así la rotura del terreno y su íntima mezcla con el mismo.

M

Micropilotes: Elemento constructivo de diámetros menores a 250 mm de madera, hierro u hormigón armado, incrustado en el terreno para transmitir las cargas de un edificio.

Mega-esquineros: elementos verticales en forma de L, que transmiten las cargas a nivel de cimentación.

P

Polea: Una polea, es una máquina simple. Compuesta de una rueda, generalmente maciza y acanalada en su borde, que, con el concurso de una cuerda o cable que se hace pasar por el canal, se usa como elemento de transmisión en máquinas y mecanismos para cambiar la dirección del movimiento o su velocidad.

R

Restauración: Es la recomposición del edificio, con el objetivo de obtener un edificio copia fiel del original.

Reestructuración: Es la recomposición y reestructuración primaria de la edificación con el objeto de recomponer o ampliar la edificación, sin cambiar el uso del mismo.

Reconversión: Es la recomposición, reestructuración con la finalidad de rehabilitar la edificación, pero con el objetivo de cambiar el funcionamiento de la edificación.

S

Solado: revestimiento de un piso con ladrillos, losas, piedras.

T

Tabla-roca: placa de yeso laminado entre dos capas de cartón, por lo que sus componentes son generalmente yeso y celulosa.

Tajamar: Un tajamar es la parte que se adiciona a las pilas de los puentes, aguas arriba y aguas abajo, en forma curva o angular, de manera que pueda cortar el agua de la corriente y repartirla con igualdad por ambos lados de aquellas.

Taburete: perfiles de acero soldados a una plancha de acero a fin de conformar un taburete de asiento para cargas.

Topografía: La topografía (de topos, "lugar", y grafos, "descripción") es la ciencia que estudia el conjunto de principios y procedimientos que tienen por objeto la representación gráfica de la superficie de la Tierra, con sus formas y detalles, tanto naturales como artificiales.

Tragaluz: un tragaluz o claraboya es una ventana pequeña situada en el techo o la parte superior de una pared utilizada para proporcionar luz a una habitación.

V

Vaciado: El vaciado es un procedimiento para la reproducción de esculturas o relieves. Se consigue aplicando al modelo yeso líquido, gelatina, fibra de vidrio, etc. y esperando a que se endurezca para confeccionar el molde.

Viga: Elemento horizontal o ligeramente inclinado, que salva una luz y soporta una carga que le hace trabajar por flexión.

Z

Zapata: Una zapata (a veces llamada poyo) es un tipo de cimentación superficial (normalmente aislada), que puede ser empleada en terrenos razonablemente homogéneos y de resistencias a compresión medias o altas.

Zócalo: pieza que se coloca en la base de los tabiques o muros de las habitaciones como elemento estético y para protegerlos de golpes o roces.

BIBLIOGRAFÍA

- BLONDEL Jean-François, cours d'architecture qui contient les leçons donne en 1750, & les années suivantes par J.-F Blondel Architecte dans con école des Arts, Paris, Desaint, 1761, réédition par Hélotypie, Paris, Armand Guerinet, s.d.
- CHOISY Auguste, Histoire de l'architecture, Paris, Rouveyre, 1899, vincent, Freal et C, 1954, Reed. Bibliothèque de l'image, 1996.
- LA MUETTE pierre Manière de bien bâtir pour toutes sortes de personnes, 1663, 1663. Reed Pandore, 1981.
- RONDELET Jean, Traite théorique et pratique de l'art de bâtir, Paris. Imprimerie Firmin, Didot, 1827-32.
- VITRUVÉ, traduction de Perrault en 1673, Les dix livres d'architecture, Paris, Balland, 1979.
- ADAM Jean-Pierre, Guide pratique pour l'emploi des ciments, Paris, Eyrolles, 1984.
- ANAH, Guide du diagnostic des structures, paris, ANAH, ministère de l'Urbanisme et du logement, 1994.
- BERNSTEIN D. CHAMPETIER J –P, PEIFFER, F L. La maçonnerie sans fard, Pari, Le Moniteur 1995.
- COIGNET Jean, Réhabilitation. Arts de bâtir traditionnels: connaissance et techniques, Aix-en-Provence, Edisud, 1987.
- COLLOMBET Raymond, Humidité des bâtiments anciens, paris, Le Moniteur, 1985.
- <http://www.renofors.com/>
- <http://www.lemoniteur.fr/>
- <http://www.bati-renov.fr/>

ANEXOS

ANEXO 1
PANEL FOTOGRAFICO
MINISTERIO DE EXTRANJERÍA

Foto 1: Ubicación del Ministerio de Extranjería, Avenida d'Orsay N° 37 – Paris.



Foto2: Fachadas del Hotel de Rothelin-Charolais (1907)



Foto3: Vista actual desde el portal del Ministerio de Extranjería.



Foto4: Vista lateral de las ventanas del Ministerio de Extranjería.



Foto5: Vista de las decoraciones interiores y exteriores.



ANEXO 2

COMPARATIVO DE VIGAS

POR MATERIAL

1. COMPARACION DE VENTAJAS ENTRE VIGAS DE DISTINTOS MATERIALES

A continuación se presenta cuadros comparativos de ventajas y desventajas.

Tabla 1: Viga en acero.

Viga en acero
Ventajas
Ligero
Diversidad de la gamma (Sección, tipos,...)
Rapidez de montaje
Abertura rápida a crear, entonces no necesita tiempo de endurecimiento
Inconvenientes
Tiempo de Fabricación del perfil
Necesita realizar un relleno y acabado bruto
Producto no finalizado: necesita de un tarrajeado de perfiles en un segundo tiempo.

Tabla 2: Viga en concreto.

Viga en concreto vaciado in situ
Ventajas
Viga finalizada : no necesita de tarrajeado a realizar
Adaptable a todas las dimensiones de aberturas
No necesita realizar un relleno ni acabado bruto
Inconvenientes
Tiempo de secado antes de la creación de la abertura por un concreto normal.
Fabricación manual de concreto necesaria, si no existe acceso a una grúa.
Tiempo de realización : encofrado, acero, concreto

Tabla 3: Viga prefabricada.

Viga Prefabricada
Ventajas
Viga finalizada : no necesita de tarrajeado
Pre-viga que hace a la vez de fondo del prefabricado
Adaptable a todas las dimensiones de aberturas
No necesita realizar un relleno ni acabado bruto
Inconvenientes
Dos intervenciones son necesarias: puesta de la pre-viga y después el vaciado de concreto del sobre-espesor.
Tiempo de realización : encofrado, acero, concreto
Inconveniente de concreto vaciado in situ: tiempo de secado, fabricación manual del sobre-espesor,...
Precio

ANEXO 2

MODO OPERATORIO DE

ALTERNATIVA 1

Y

COMPARACION CON LA

ALTERNATIVA

SELECCIONADA

2. PRESENTACION DEL MODO OPERATORIO DE LA ALTERNATIVA 1 – PROPUESTA DEL EXPEDIENTE.

2.1. ALTERNATIVA 1: SOLUCIÓN TÉCNICA INICIAL

Se trata de la alternativa inicial planteada por la entidad, y es aquella por la cual las empresas fueron consultadas. Esta solución constructiva es la que se encuentra en el expediente técnico.

Y se organiza de la siguiente forma:

1. Deconstrucción de la losa en cristal debajo de la cúpula y demolición de la rejilla decorativa.

Las vigas secundarias y todos los elementos de vidrio así como los revestimientos serán demolidos. Solo las 3 vigas principales quedaran en obra en fase provisoria.

La rejilla decorativa y los tirantes de relleno de arcos periféricos serán demolidos.

2. Demolición de la losa de las librerías centrales

Las losas en concreto armado de 15 cm de los tres niveles de librerías serán demolidas. Estas losas no intervienen en el sistema de arriostre de la estructura pues se trata de losas añadidas durante la primera renovación en 1950.

3. Demolición de la platea de las librerías centrales

La platea que soporta los montantes de los armarios, que soporta la losa de la librería central será demolida.

Una vez demolido, comenzaran los trabajos de excavación complementaria para la creación del sub-suelo, los cuales serán efectuados.

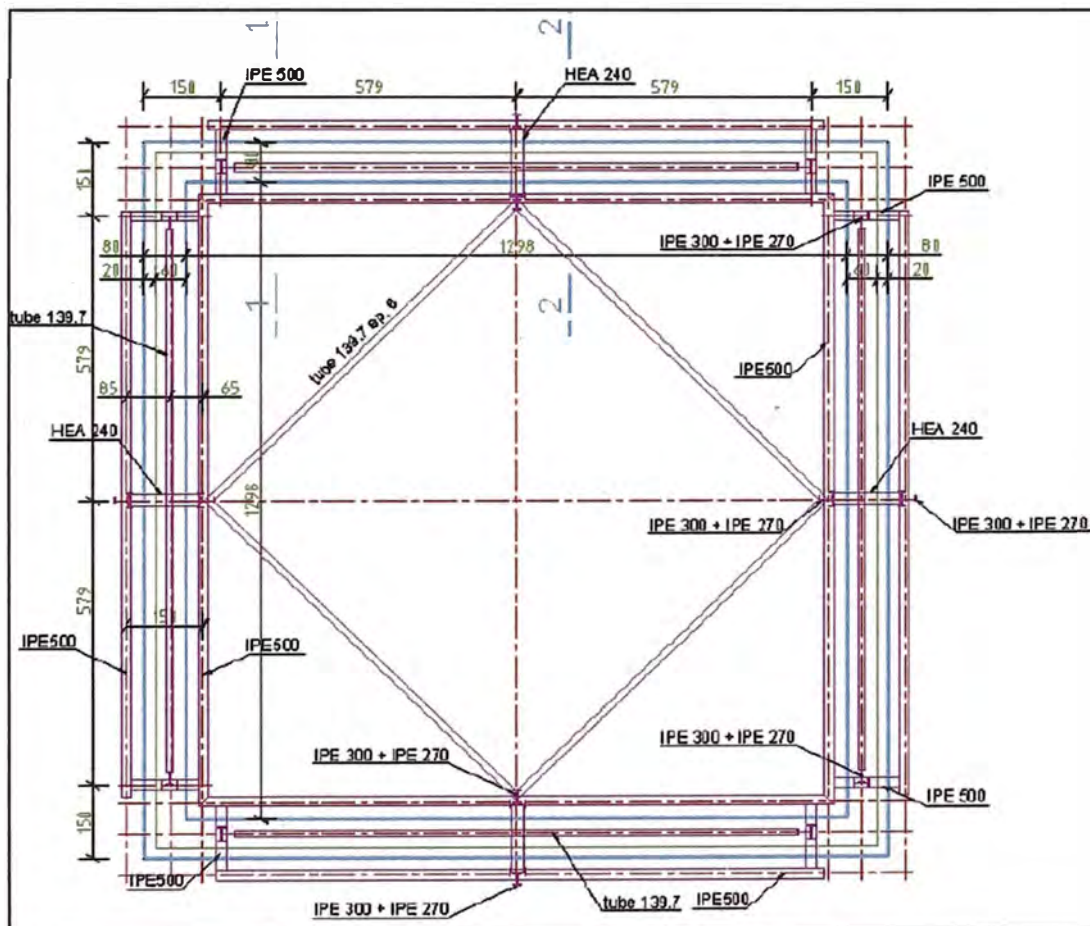
4. Realización de micro-pilotes y de la fundación para el soporte de la estructura metálica que retomara la cúpula.

En fase provisoria, la cúpula será apuntalada, con la ayuda de una estructura metálica, que retome la importante carga, los micro-pilotes serán dimensionados para retomar una carga unitaria de 40 ton/cada uno.

5. Puesta en obra de la estructura metálica, apuntalamiento provisional de la cúpula.

Se trata del punto más delicado a recalzar. La cúpula y la masonería serán soportada provisoriamente por una estructura metálica; el cual se estimada en 60ton.

Figura 1: Vista en planta de la estructura metálica provisional para retomar la cúpula.



NOTA:

En Azul: la futura viga de coronamiento.

En Magenta: la estructura metálica provisional puesta en obra.

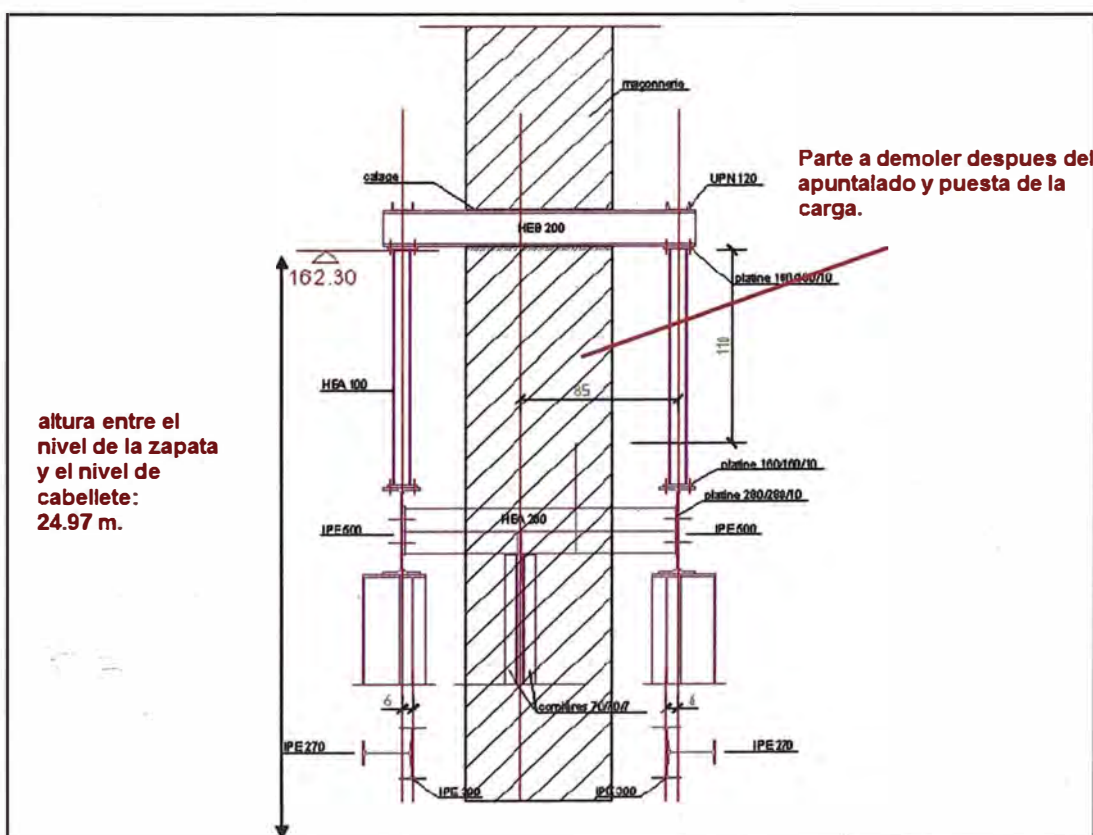
La estructura principal está constituido de:

- Columnas (IPE300 e IPE270) de 24m de altura: 4 cada lado = 16 columnas.
- Vigas: constituidos de IPE500 (en parte alta, todo alrededor del domo y de cada lado de la futura viga de coronamiento en concreto) y de HEA 240 (entre las columnas, haciendo apuntalamiento en caballete).
- Perfiles para arriostrar y estabilizar el conjunto.

El recalzado provisorio se hará mediante el método de apuntalamiento por caballetes.

Se realizaran extracciones de testigos en la masonería de la cúpula. Un perfil HEB 200 pasara a través y reposara sobre el IPE 300 unido a un IPE 270 en toda la altura (aproximadamente 24m.) a cada lado.

Figura 2: Vista del apuntalamiento en caballete sobre el nudo interno.



La estructura es cargada por un sistema de cilindros hidráulicos planos.

Las columnas provisionales para el recalzado de los futuros mega-esquineros quedaran incrustadas en el concreto del mismo.

6. Demolición de las columnas en ángulo existente y del corredor periférico.

Después de que la cúpula es recalzada, el sistema portor vertical y los corredores son demolidos.

7. Realización de la fundación de los mega-esquineros y de la viga de coronamiento.

El último paso, y no menos importante, consiste en la reconstrucción del nuevo sistema portante, constituido de mega-esquineros y de la viga de coronamiento.

2.2. COMPARACIÓN ENTRE LAS 2 ALTERNATIVAS.

Comparación técnica

Comparando las dos soluciones constructivas, dos grandes diferencias aparecen:

- La fase de ejecución de la viga de coronamiento y
- El sistema de apuntalamiento de la cúpula.

Viga de coronamiento

La realización de la viga de coronamiento será al final de la realización de los mega-esquineros, el cual es el modo de realización clásico, donde primero es el vaciado de un elemento vertical y después el horizontal.

Sin embargo, dada la altura (sobre 24m), la operación no es para nada clásica.

Un andamio en toda la altura a ambos lados de la viga de coronamiento deberá ser instalado, lo cual representa 110 metros lineales (por 24 m de altura)

La realización de la viga también induce igualmente un apuntalamiento. ¿Por qué medios? apuntalamiento en 24m difícil a encontrar, una solución consiste en montar torres de apuntalamiento sobre los 24 m. de altura.

► **Sistema de apuntalamiento de la cúpula.**

La estructura metálica de la alternativa 1 tiene dos grandes inconvenientes:

- La puesta en sitio.
- Y el reciclado después del desmontaje.

Debido a que el único acceso disponible se encuentra en la parte inferior del domo con una abertura de 2.50m por el cual, es casi imposible poder pasar algún equipo de elevación (grúa PPM u otro). Así también es imposible de poder utilizar la grúa alrededor.

La puesta en obra de la estructura puede realizarse con la ayuda de puntos rodantes u otro pero el cual será en todos los casos complejo y/o costoso. Además, que la puesta en obra de los perfiles en la parte alta y su ensamblaje con los elementos verticales se asevera aún más complicada.

Sin contar los problemas de tránsito, acceso y congestión que ocasionan la estructura:

- El paso y acceso en altura de máquinas de demolición.
- El transporte de materiales (hormigón, encofrado, acero,.....,mega-esquineros)

Otro problema se manifiesta. Cuando se realizan los mega-esquineros, pues la estructura metálica provisoria debería ser desmontada.

El desmontaje es una nueva operación, muy compleja y peligrosa, pero sobretodo, se debe prever el uso una vez desmontado los perfiles, después del desmontaje. ¿Qué hacer venderlos? ¿tirarlos a la basura?, etc.

El sistema de apuntalamiento de la alternativa 2 es la más adaptada. Pues los diferentes elementos son más fáciles de almacenar y de movilizar, así como de un fácil ensamblaje y desmontaje.

Además, de ser una fácil solución, esta solución es ciertamente la más económica (el equipo es alquilado).

2.3. COMPARACIÓN ECONÓMICA.

La comparación económica se realiza sólo en las operaciones que no son iguales entre las dos alternativas de propuestas. Así las operaciones que varían de la demolición de la estructura existente y la realización de los mega-esquineros se consideran idénticos y no se tendrán en cuenta.

El estudio económico comparativo se centra esencialmente en dos diferencias discutidas anteriormente.

Los precios de la alternativa 1 se derivan de la descomposición del Precio Global del presupuesto otorgado. Y los de la Alternativa 2 incluyen los precios reales (notablemente por el apuntalamiento) y los precios del presupuesto.

La economía de la alternativa 2 sobre las dos grandes diferencias se ha estimado en 266 211.44 euros.

Las dificultades generales de acceso, de mantenimiento, transporte de equipos y materiales, de la realización de un nuevo sistema portante de calzadura en la estructura no son tomadas en cuenta. Pues estas influyen directamente en el tiempo de realización, las técnicas utilizadas, el equipo para poner en práctica. Estos parámetros son difíciles de cuantificar. Sin embargo, existe al final, un ahorro favorable realizado.

Además de ser simple, la alternativa 2 se asevera la más económica.

ANEXO 3

ALTERNATIVAS DE

RECALZADURA DE VIGA DE

CORONACION

Y

CUADRO COMPARATIVO

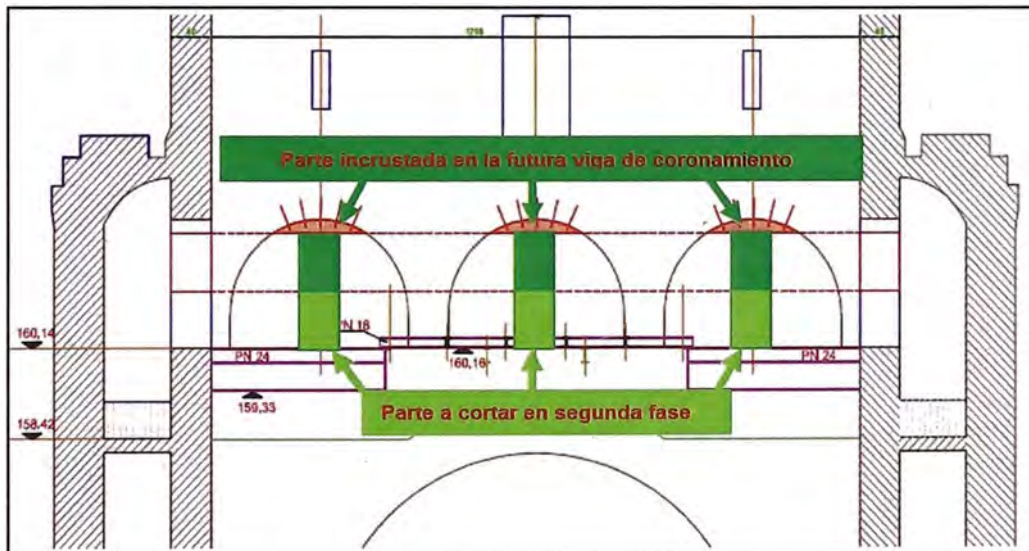
3. ALTERNATIVAS DE RECALZADURA DE VIGA DE CORONAMIENTO.

3.1. ALTERNATIVA 1: COLUMNA EN CONCRETO ARMADO

Una primera solución consiste en realizar una columna en concreto armado sobre la altura de la bóveda.

La parte alta será incrustada en la viga de coronamiento y la parte baja será cortada después del apuntalamiento de la viga de coronamiento.

Figura 3: Esquema de la alternativa 1 - Columna de concreto.



Ventajas:

- Estructura masiva y resistente.

Inconvenientes:

- Encofrado
- Corte y demolición ulterior de la parte baja compleja y larga
- Continuidad de las armadura con el resto de la viga de coronamiento: número importante de acopladores necesarios, entonces precios más elevado y puesta en obra.

- Retracción del concreto: necesidad de emplear el concreto en dos partes:
 - ▶ 1 elevación normal
 - ▶ 1 elevación de 5cm con un concreto

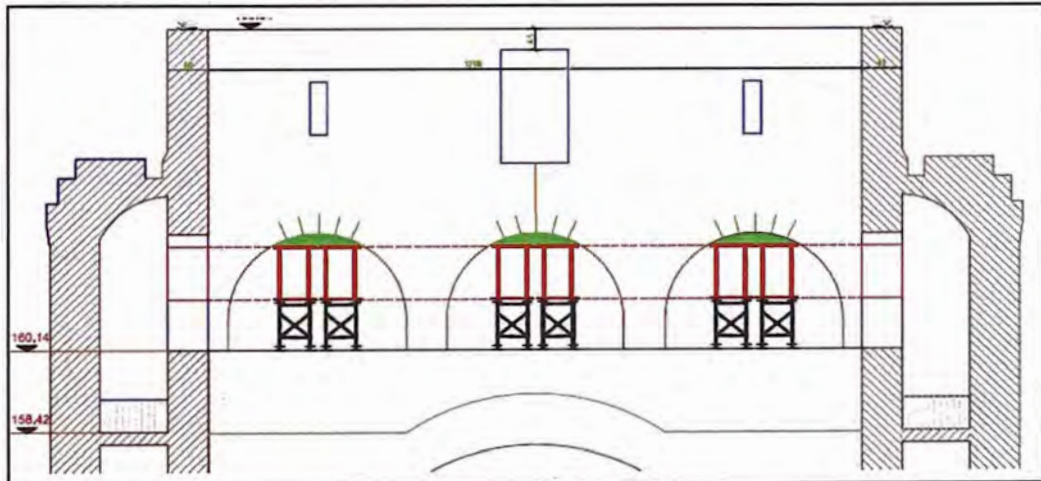
Las cuatro alternativas quedan utilizando el método de perfiles taburetes.

Los perfiles son en el recalzado de la futura viga de coronamiento y son incrustados en este.

3.2. ALTERNATIVA 2: PERFILES SOBRE EL APUNTALAMIENTO PROVISORIO

Esta solución consiste en poner los perfiles sobre la torre de apuntalamiento, quedando estos hasta el apuntalamiento final de la viga de coronamiento.

Figura 4: Perfiles sobre el apuntalamiento provisorio.



Ventajas:

- Facilidad y velocidad de puesta en obra.
- Precio.
- Apuntalamiento simple y rápido a desmontar una vez la viga de coronamiento realizada y apuntalada desde la parte baja del domo.

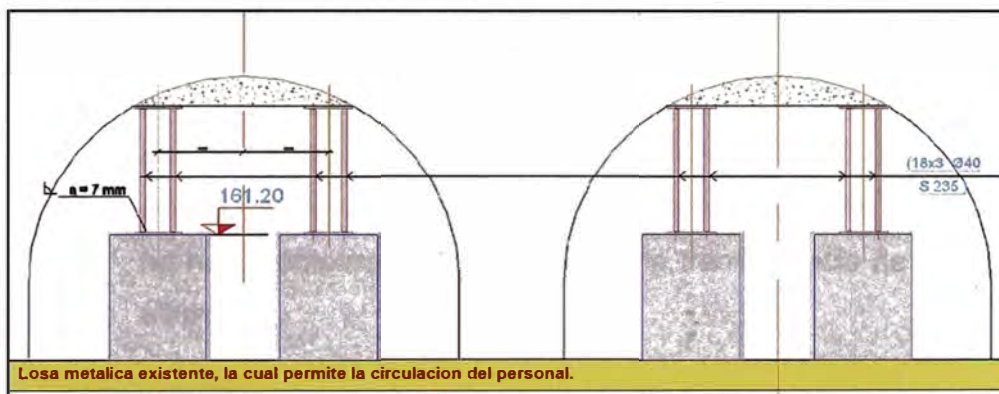
Inconvenientes:

- Sistema de apuntalamiento (dimensión, resistencia) no estándar, entonces fabricación específica obligatoria.

3.3. ALTERNATIVA 3: PERFILES SOBRE MASIVOS DE CONCRETO ARMADO

Esta variante consiste en realizar un masivo en concreto en la parte baja.

Figura 5: Perfiles sobre masivos de concreto.



Ventajas:

- masivo resistente.
- Posibilidad de incrustar la parte baja del taburete en el concreto.

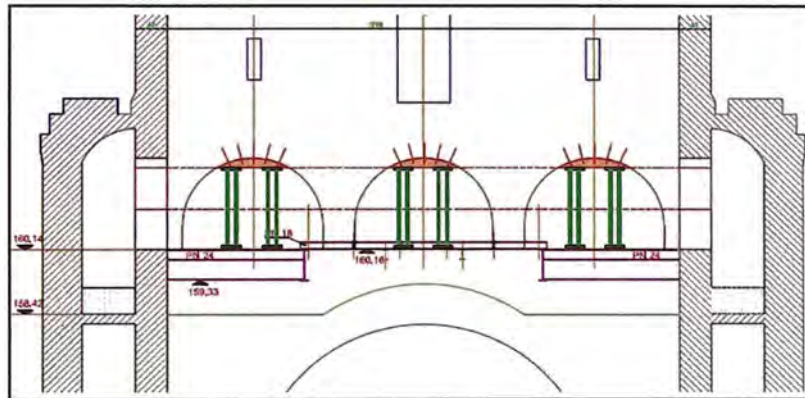
Inconvenientes:

- Encofrado y vaciado de concreto: tiempo de realización.
- Demolición ulterior del masivo de concreto.
- Precio.
- Aprovisionamiento de concreto muy delicado: bomba de concreto obligatoria para un pequeño volumen, entonces un mayor costo.

3.4. ALTERNATIVA 4: PERFILES EN TODA LA ALTURA.

Se trata la solución la más simple. El consiste en colocar los perfiles entre la parte de la bóveda superior rellena en concreto armado y la bóveda inferior.

Figura 6: perfiles en toda la altura.



Ventajas:

- Un solo tipo de trabajo: no hay encofrado entonces rapidez en la puesta en obra.
- Un solo elemento (y un solo material) donde transitan las cargas: no hay problema de continuidad y de transferencia de carga en altura.

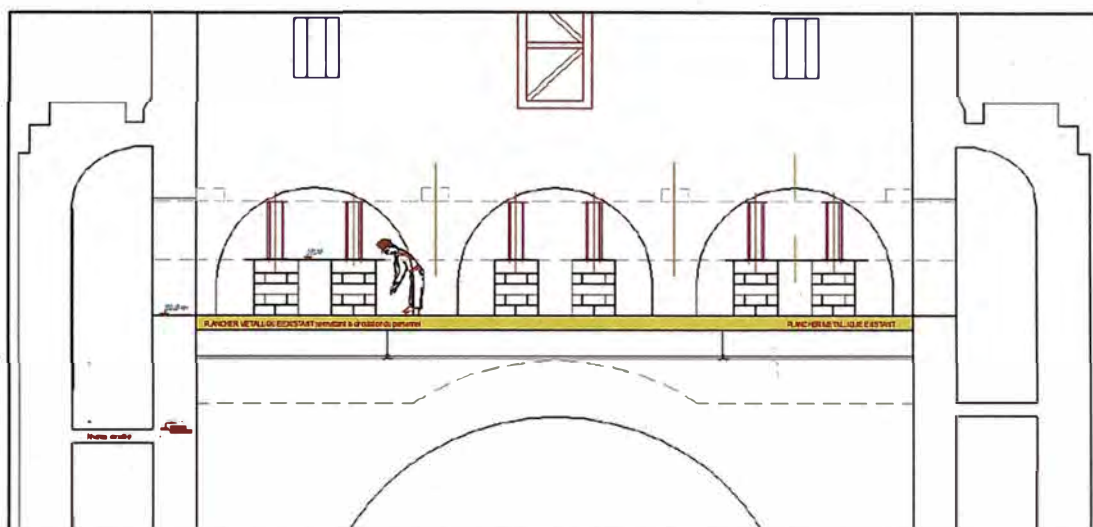
Inconvenientes:

- Dificultad de encofrado de la viga de coronamiento a través de los tubos de los taburetes.
- Peso de taburetes: instalación manual pues no hay medio de levantar sobre el domo.

3.5. ALTERNATIVA 5: PERFILES SOBRE LOS MASIVOS EN LADRILLO.

El masivo en concreto armado de la alternativa 3, es remplazado por un muro de ladrillo, más rápido y fácil a poner en obra (no existe encofrado ni armadura) a demoler.

Figura 7: Perfiles sobre masivos en ladrillo.



Ventajas:

- masivo resistente.
- Simplicidad de puesta en obra de los ladrillos.
- El masivo hace de fondo de encofrado de la viga.
- Demolición de la masonería más fácil que el concreto armado.
- Aprovechamiento en material más fácil y más económico.

Inconvenientes:

- Resistencia de la masonería y del conjunto en caso de sismo, durante la fase provisoria.
- Los esfuerzos transitan por muchos elementos y diferentes materiales.

3.6. ANÁLISIS DE LAS ALTERNATIVAS.

Alternativa 1, puede ser rápidamente eliminado. En efecto, no es adecuado para la construcción de columnas, o su demolición. Es complejo y poco económico.

Alternativa 2, parece ser el más interesante. Combina la simplicidad, velocidad y por lo tanto la economía. Sin embargo, requiere un equipo de apuntalamiento no disponible en el mercado: por lo tanto, se elimina.

Alternativa 3, es estructuralmente interesante, pero eliminado debido al problema con plataformas de concreto y la posterior demolición.

Alternativa 4, es interesante desde el punto de vista estructural (un solo material a transmitir las cargas), pero está llena de dificultades de transporte y de instalación en razón de su masa.

Alternativa 5, es un poco complicado en términos de acabado del perfil sobre masivos de masonería. Pero sin embargo, ofrece un buen compromiso entre las ventajas de las diferentes soluciones (resistencia del conjunto, encofrado ulterior de la viga, demolición final de los masivos, etc...)

Por lo cual se utilizara la alternativa 5, como solución.

Alternativa escogida : Perfiles sobre bloques de masonería

ANEXO 4

SOLUCION DE TRANSMISION DE CARGA

4. SOLUCIONES A LA TRANSMISIÓN DE CARGA.

Dos soluciones posibles:

- Solución 1: Colocar el cilindro hidráulico al eje de la viga.

Ventaja: la viga no toma los esfuerzos excéntricos

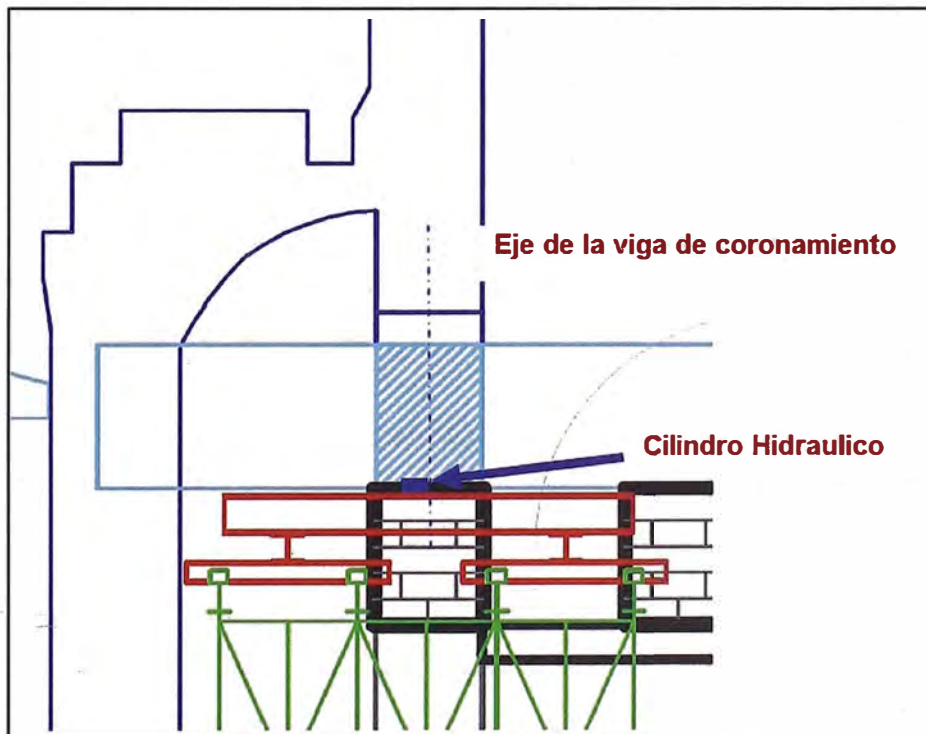
Inconveniente: La carga no se distribuye uniformemente por columna, lo cual puede provocar un problema de resistencia de la columna.

- Solución 2: Capturar la excentricidad moviendo el cilindro al nivel de la viga de coronamiento.

Ventaja: la carga que toma, se distribuye uniformemente en las columnas de las torres

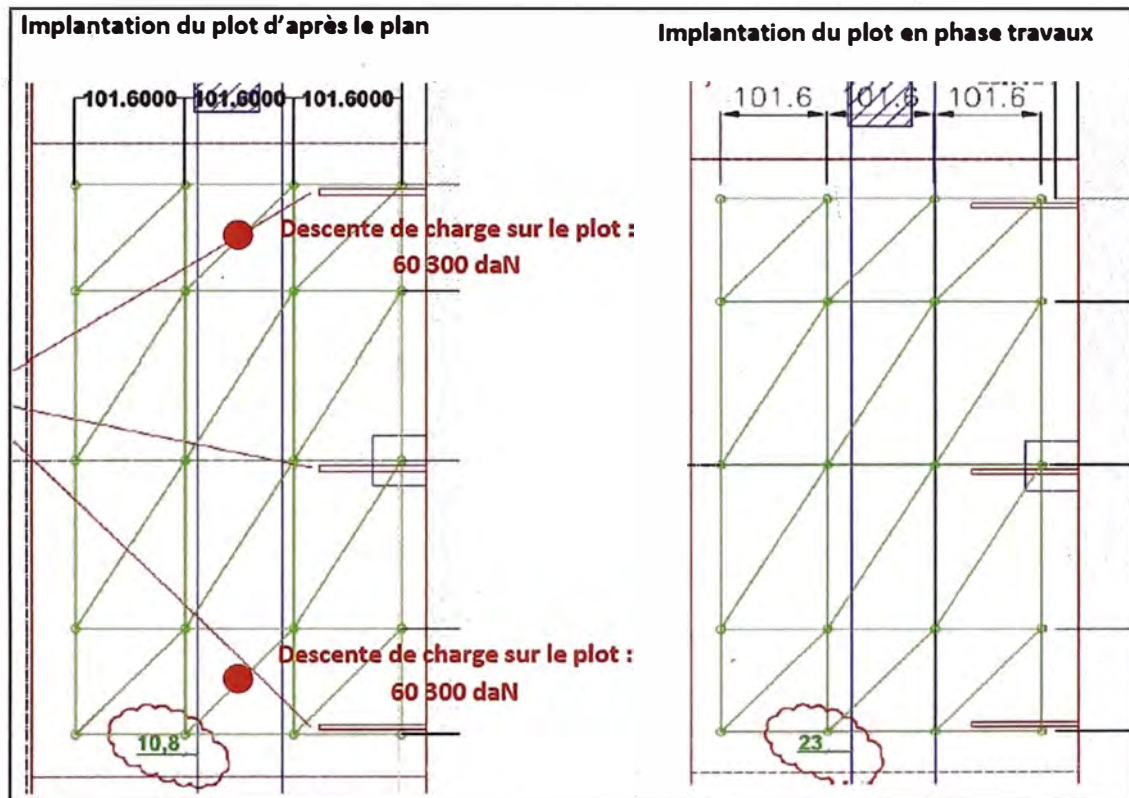
Desventaja: la viga toma entonces un esfuerzo de torsión

Figura 8: desplazamiento del cilindro hidráulico que permite una repartición equivalente de las cargas sobre la columna.



4.1. SOLUCIÓN 1: COLOCACIÓN DEL CILINDRO HIDRÁULICO EN EL EJE DE LA VIGA.

Figura 9: Valor de excentricidad del lado Sur.



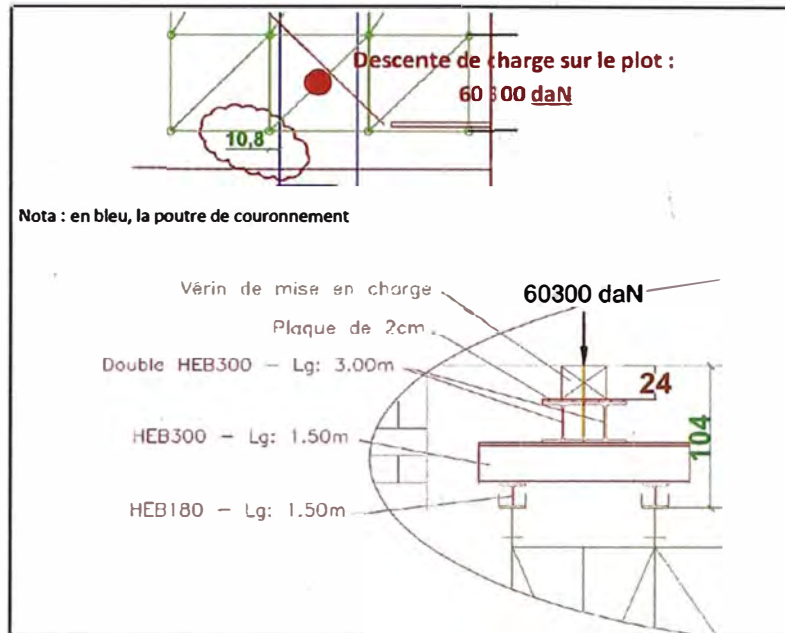
En azul, la viga de coronamiento sobre la cual se viene a posicionar el apuntalamiento. Con respecto al plano inicial la excentricidad en la fase de trabajo es igual a:

$$e = 23 - 10,8 = 12,2 \text{ cm.}$$

► Incidencia de la excentricidad

El razonamiento se efectuó sobre 8 columnas que toman la transmisión de carga de 60 300 daN.

Figura 10: Transmisión de carga 60300 daN



Del plano: se observa la viga de coronamiento centrada sobre el bloque de apuntalamiento.

Tabla 4: Carga sobre el bloque de Apuntalamiento.

carga por columna - bloque de apuntalamiento Sur Este - SITUACION INICIAL			
Carga debido a :	Valor (daN)	Numero de columnas concemientes	Carga por columna (daN)
cúpula + masonería	60300	8	7537.5
HEB 180 (Longitud =1.50m)	76.8	2	38.4
HEB 300 (Longitud =1.50m)	175.5	2	87.8
2 HEB 300 (Longitud = 3m)	702	8	87.8
Placa de repartición	56.52	8	7.1
Total	61310.82		7758.6

La columna la más cargada toma una carga de 9597.9 daN.

Este valor es ligeramente la carga que puede tomar una columna de una torre MT100 (10,000 daN)

Sin embargo, en vista de la altura (aproximadamente 23 metros), la norma NF P 93-550 preconiza de considerar las cargas suplementarias debido a:

- A las imperfecciones del montaje: 4 % de carga suplementaria.
- A los esfuerzos secundarios: 6 % de carga suplementaria.

Con esas consideraciones, las columnas las más cargadas toman:
 $9597.6 + (0.04+0.06) \times 9597.6 = 10557.4 \text{ daN} > 10\ 000 \text{ daN}$

Conclusión: las torres de apuntalamiento no pueden tomar la sobrecarga inducida por la excentricidad.

4.2. Solución 2: tomar la excentricidad desplazando el cilindro hidráulico al nivel de la viga de coronamiento.

Esta solución fue propuesta por la Consultora H&Q INGENIERIE
La viga de coronamiento fue realizada sin considerar la armadura necesaria por el esfuerzo de torsión, inducido por la excentricidad.

Conclusión: la viga de coronamiento no puede tomar la sobrecarga inducida por la excentricidad.

► Solución retenida: mezclar las 2 alternativas desplazando el cilindro hidráulico en 6 cm. Del eje de la viga.

Consecuencia para la viga: el esfuerzo de torsión inducido por el desplazamiento puede ser tomado por la viga según la consultoría H&Q INGENIERIE. Consecuencia por las torres:

Tabla 5: Carga sobre el bloque de Apuntalamiento – excentricidad de 6cm.

carga por columna - bloque de apuntalamiento Sur-Este - SITUACION DE TRABAJO - Excentricidad de 6 cm.

Carga debido a :	Valor (daN)	Excentricidad (cm)	Columnas afectadas por la excentricidad	Carga por columna (daN)
cúpula + masonería	60300	6	4	8442
HEB 180 (Longitud =1.50m)	76.8	0	2	38.4
HEB 300 (Longitud =1.50m)	175.5	0	2	87.8
2 HEB 300 (Longitud = 3m)	702	0	8	87.8
Placa de repartición	56.52	0	8	7.1
Total	61310.82			8663.1

Agregando las sobrecargas debido a las imprecisiones de montaje y a los esfuerzos secundarios:

$$8663,0 + (0,04 + 0,06) \times 8663,0 = 9529 \text{ daN} < 10\ 000 \text{ daN}$$

La carga inducida por la excentricidad de 6cm, puede ser retomado por las columnas de apuntalamiento.

► **Conexión en la parte superior de las torres.**

Los perfiles metálicos son dispuestos en conjuntos para retomar la carga de la cúpula en fase provisoria. Donde se efectuó el pre-dimensionamiento de perfiles en la cabeza de la torre. Lo cual es visible en el anexo 1.4. Como los perfiles metálicos serán puestos en compañía del grupo. Este pre-dimensionamiento no tiene que por objetivo de aprender el peso de los perfiles y de tirar las consecuencias (alquiler de equipos de elevación para la puesta en obra, cuantos perfiles pueden ser puesto en obra sobre la plataforma exterior donde la carga admisible es de 600 daN/m²,...)

Finalmente fue la oficina técnica de MILLS, que escogieron los perfiles a utilizar condicionada a su material en stock. (En longitud y sección).

Tabla 6: Pre-dimensionamiento del bloque Norte y Sur.

Viga	Perfil	Longitud	Peso por m	Peso total/viga	Numero de vigas/bloque
1	HEB 140	1.5	33.7	50.55	8
2	HEB 160	1.5	42.6	63.9	4
3	HEB 220	3	71.5	214.5	4

Tabla 7: Pre-dimensionamiento del bloque Este y Oeste

Viga	Perfil	Longitud	Peso por ml	Peso total/viga	Numero de vigas/bloque
1	HEB 100	0.5	20.4	10.2	8
2	HEB 160	1.5	42.6	63.9	4
3	HEB 200	1.75	61.3	102.275	4
4	HEB 260	3	93	279	16

Tabla 8: Perfil de elección según MILLS para el bloque Norte y Sur.

Viga	Perfil	Longitud	Peso por ml	Peso total/viga	Numero de vigas/bloque
1	HEB 180	1.5	51.2	76.8	8
2	HEB 300	1.5	117	175.5	4
3	HEB 300	3	117	351	4

Tabla 9: Perfil de elección según MILLS para el bloque Este y Oeste.

Viga	Perfil	Longitud	Peso por ml	Peso total/viga	Numero de vigas/bloque
1	HEB 100	0.5	42.6	21.3	8
2	HEB 160	1.5	51.2	76.8	4
3	HEB 200	1.75	117	204.75	4
4	HEB 260	3	117	351	16

Conclusión:

Los perfiles finalmente escogidos son los de la oficina técnica, que son los sobredimensionados.

Lo cual trae como consecuencia el peso de las vigas, lo cual afecta el conjunto:

- Por medidas de seguridad, solo 2 perfiles HEB 300 de longitud de 3m. será puestos sobre la plataforma de recepción exterior.
- Sera necesario igualmente limitar el número de perfiles sobre la losa en cristal del domo.
- La puesta en obra de perfiles se hará con la ayuda de un tablero, para desplazar sobre la losa metálica y de a la ayuda de elevadores por la puesta en obra.

ANEXO 5

ANÁLISIS DE TIPO DE CONECTOR SELECCIONADO

5. ANÁLISIS DE CONECTOR SELECCIONADO.

► Tipo de conector seleccionado:

La puesta en carga con la ayuda de conectores de cabeza, el cual fue rechazado. Pues era imposible de asegurar, visto el contexto de manera global,...- una puesta en carga correcta.

De otro lado, los conectores no se adaptan bien a la transferencia de carga provisoria.

El tipo de conector, la mejor adaptada es el conector hidráulico a pistón. La variante de conector hidráulico tiene un perno de seguridad, el cual es la más costosa (alquiler de conectores durante todo el periodo), pero permitirá de asegurar una transferencia de carga definitiva y sin peligro conectado a las pérdidas de presión o mala sincronización. Esta variante fue finalmente la privilegiada.

Conector seleccionado: Conector hidráulico a pistón con perno de seguridad

5.1. SELECCIÓN DE CONECTOR.

► Parámetros a tomar en cuenta

En la selección de un conector, es necesario de tomar en cuenta:

La capacidad de elevación del conector en sobrevaluando la transmisión de carga estimada por el consultor a fin de prevenir cualquier error de cálculo.

El curso del conector a fin de no estar al final del curso y de no retomar totalmente la carga.

La altura cuando el pistón es completamente vuelve guardando centímetros de espacio para la puesta en sitio de cuñas de distribución.

El diámetro máximo del conector (que no exceda de 2 HEB 300 en la cabeza de los bloques de apuntalamiento)

Tabla 10: Características de Conectores Sur y Norte.

Bloque SUR y NORTE	
Parámetro	Valor
Transmisión de carga por conector	60 300 daN
Transmisión de carga con coeficiente de 1.2	72 360 daN
Asentamiento de bloque de apuntalamiento	1.81 cm.
Asentamiento del suelo debajo la fundación	0.04 cm.
Espacio disponible entre la altura de la viga en cabeza de bloques y a viga de coronamiento	24 cm.

Tabla 11: Características mínimas de conectores a utilizar S-N.

Características mínimas de conector a utilizar por el bloque SUR y NORTE		
Parámetro	Valor	Explicaciones
Capacidad de conector	75 t	valor sobre-elevado para prevenir cualquier error de estimación de cargas
Acumulación del conector	21 cm	Espacio disponible - espesor por cuñas de repartición
curso mínima de conector	5 cm	suma de 2 asentamientos + margen de seguridad
Diámetro máximo de conector	60 cm	Corresponde a la longitud de 2 HEB 300 en cabeza de la torre.

Tabla 12: Características de conectores Este y Oeste.

Bloque ESTE y OESTE	
Parámetro	Valor
Transmisión de carga por conector	84 800 daN
Transmisión de carga con coeficiente de 1.2	101 760 daN
Asentamiento de bloque de apuntalamiento	2 cm.
Asentamiento del suelo debajo la fundación	0.04 cm.

Espacio disponible entre la altura de la viga en cabeza de bloques y a viga de coronamiento	24 cm.
---	--------

Tabla 13: Características mínimas de conectores a utilizar E-O.

Características mínimas de conector a utilizar por el bloque ESTE y OESTE		
Parámetro	Valor	Explicaciones
Capacidad de conector	105 t	valor sobre-elevado para prevenir cualquier error de estimación de cargas
Acumulación del conector	21 cm	Espacio disponible - espesor por cuñas de repartición
curso mínima de conector	5 cm	suma de 2 asentamientos + margen de seguridad
Díámetro máximo de conector	60 cm	Corresponde a la longitud de 2 HEB 300 en cabeza de la torre.

► Elección de conectores de la sociedad Savoisisenne

Figura 11: Elección de conector de la gama de la sociedad Savoisisenne.

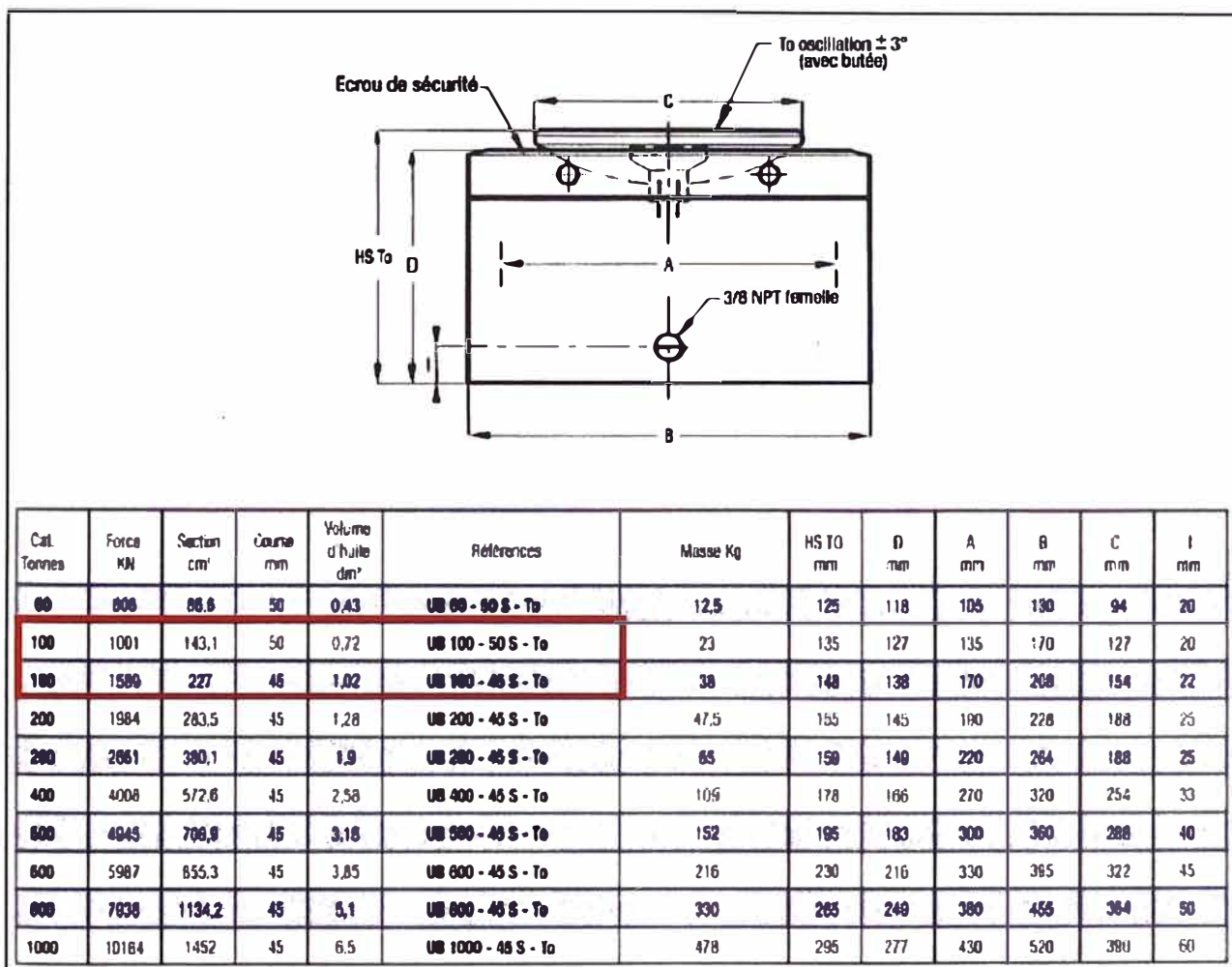
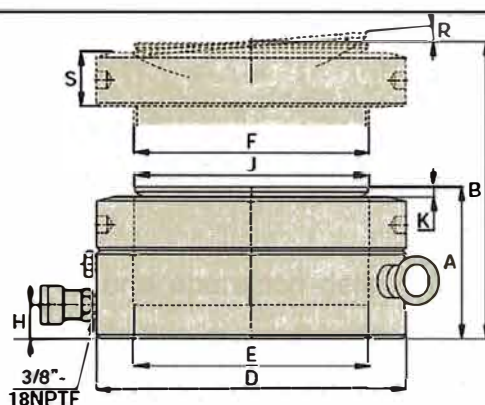


Tabla 14: Referencia Savoisiene

	Referencia
conector del lado SUR y NORTE	UB 100 - 50S - To
conector del lado ESTE y OESTE	UB 160 - 45S - To

► Elección de conectores de la sociedad Enerpac®

Figura 12: Elección de conector con perno de seguridad Enerpac.



Capacité du vérin tonnes (kN)	Course (mm)	Référence*	Surface effective du vérin (cm ²)	Capacité d'huile (cm ³)
60 (606)	50	CLP-602	86,6	432
100 (1027)	50	CLP-1002	146,8	734
160 (1619)	45	CLP-1602	231,3	1040
200 (1999)	45	CLP-2002	285,6	1285
260 (2567)	45	CLP-2502	366,8	1650
400 (3916)	45	CLP-4002	559,5	2517
520 (5114)	45	CLP-5002	730,6	3287


Hauteur tige rentrée A (mm)	Hauteur tige sortie B (mm)	Ø extérieur D (mm)	Alésage E (mm)	Ø de la tige F (mm)	Base à l'orifice avance H (mm)	Ø de la tête J (mm)	Depasse- ment de la tête K (mm)	Angle inclinaison max. de la tête R	Hauteur écrou de sécurité S (mm)		Hauteur écrou de sécurité S (mm)	Hauteur écrou de sécurité S (mm)	Référence*
125	175	140	105,0	Tr 104 x 4	19	96	6	5°	28	15	28	15	CLP-602
137	187	175	136,7	Tr 136 x 6	21	126	8	5°	31	26	31	26	CLP-1002
148	193	220	171,6	Tr 171 x 6	27	160	9	5°	40	44	40	44	CLP-1602
155	200	245	190,7	Tr 190 x 6	30	180	10	5°	43	57	43	57	CLP-2002
159	204	275	216,1	Tr 216 x 6	32	200	11	5°	44	74	44	74	CLP-2502
178	223	350	266,9	Tr 266 x 6	39	250	11	4°	55	134	55	134	CLP-4002
192	237	400	305,0	Tr 305 x 6	48	290	10	3°	62	189	62	189	CLP-5002

Tabla 15: Referencia - Enerpac.

	Referencia
conector del lado SUR y NORTE	CLP 1002
conector del lado ESTE y OESTE	CLP 1602

► **Conector finalmente escogido para la fase de conexión provisoria.**

La decisión tomada por el consorcio fue la de subcontratar la conexión hidráulica.

En efecto, se trata de una operación delicada, a ser realizada por un personal habituado a este tipo de prestación.

El personal de la empresa no está habituado a realizar este tipo de trabajos.

Por lo cual, se ha consultado a la empresa Freyssinet ®, notablemente para obtener información suplementaria sobre los conectores planos que han sido el objetivo de la búsqueda preliminar. Igualmente se les informo de la operación de Pistón Hidráulico AGE provisorio.

Se confirmó el empleo de conector plano hidráulico para esta fase.

Finalmente, las operaciones de Pistón Hidráulico AGE provisorio y definitivo (ver otro tipo) les fueron confiadas.

Conector seleccionado por la sociedad Freyssinet para la operación de Pistón Hidráulico AGE provisorio.

Para el lado Este y Oeste, que utilizan los equipos de conexión propios según el material (capacidad de 200 t).

Por el lado Norte y Sur, que utilizan los conectores CLP 1002 de Enerpac.

El cual confirma el estudio anterior

ANEXO 6
PANEL FOTOGRAFICO
BIBLOTECA NACIONAL DE
ESTRASBURGO

Foto 1: Vista de la BNU de Estrasburgo.



Foto 2: Vista central de la BNU de Estrasburgo.



Foto 3: Vista de la cúpula de la Biblioteca después del incendio 11/08/1958

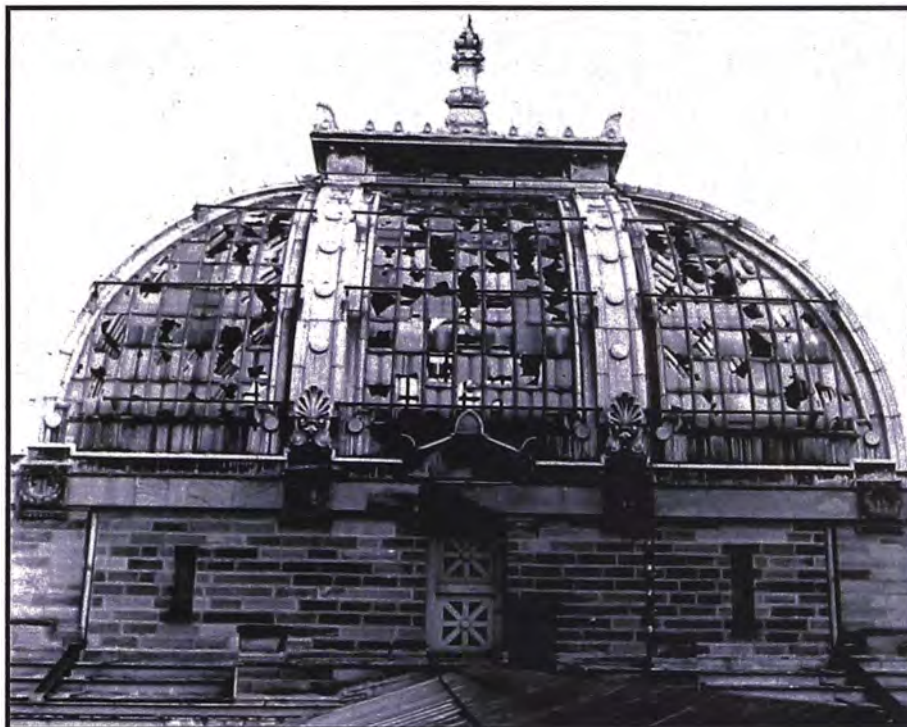


Foto 4: Vista del interior, en la cúpula de la Biblioteca 1900



ANEXO 6

PANEL FOTOGRAFICO DE LA

OBRA

BNU DE ESTRASBURGO

Foto 2: Apuntalamiento de andamios



Foto 3: botadero de material.



Foto 4: casetas de vigilancia, oficina técnica, etc.



Foto 5: Planos y fotos

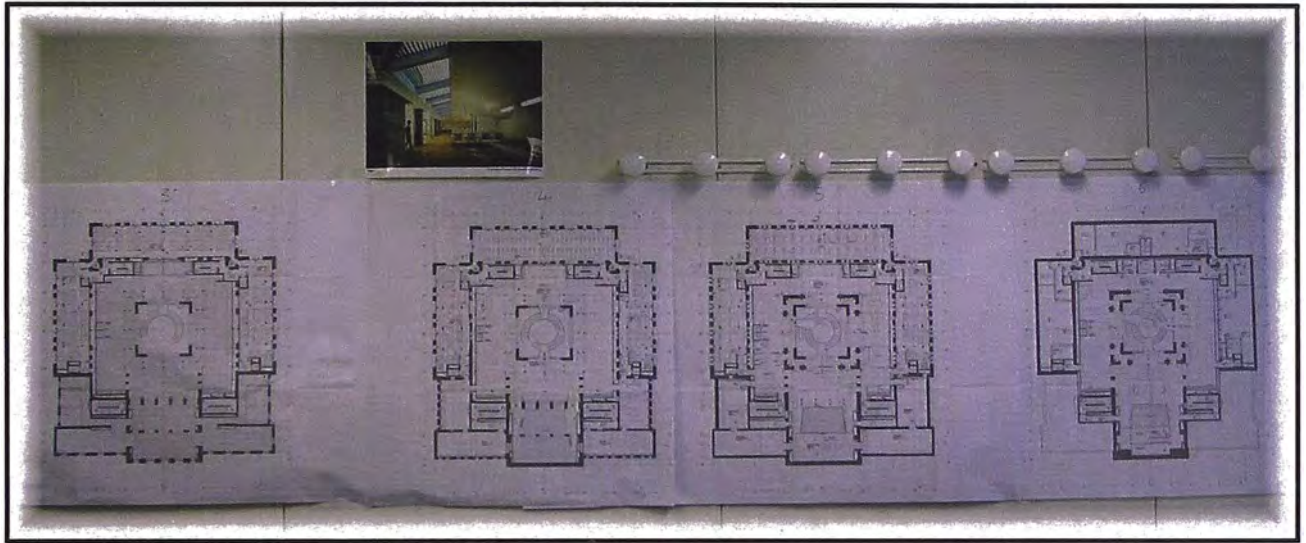


Foto 6: Sección Transversal

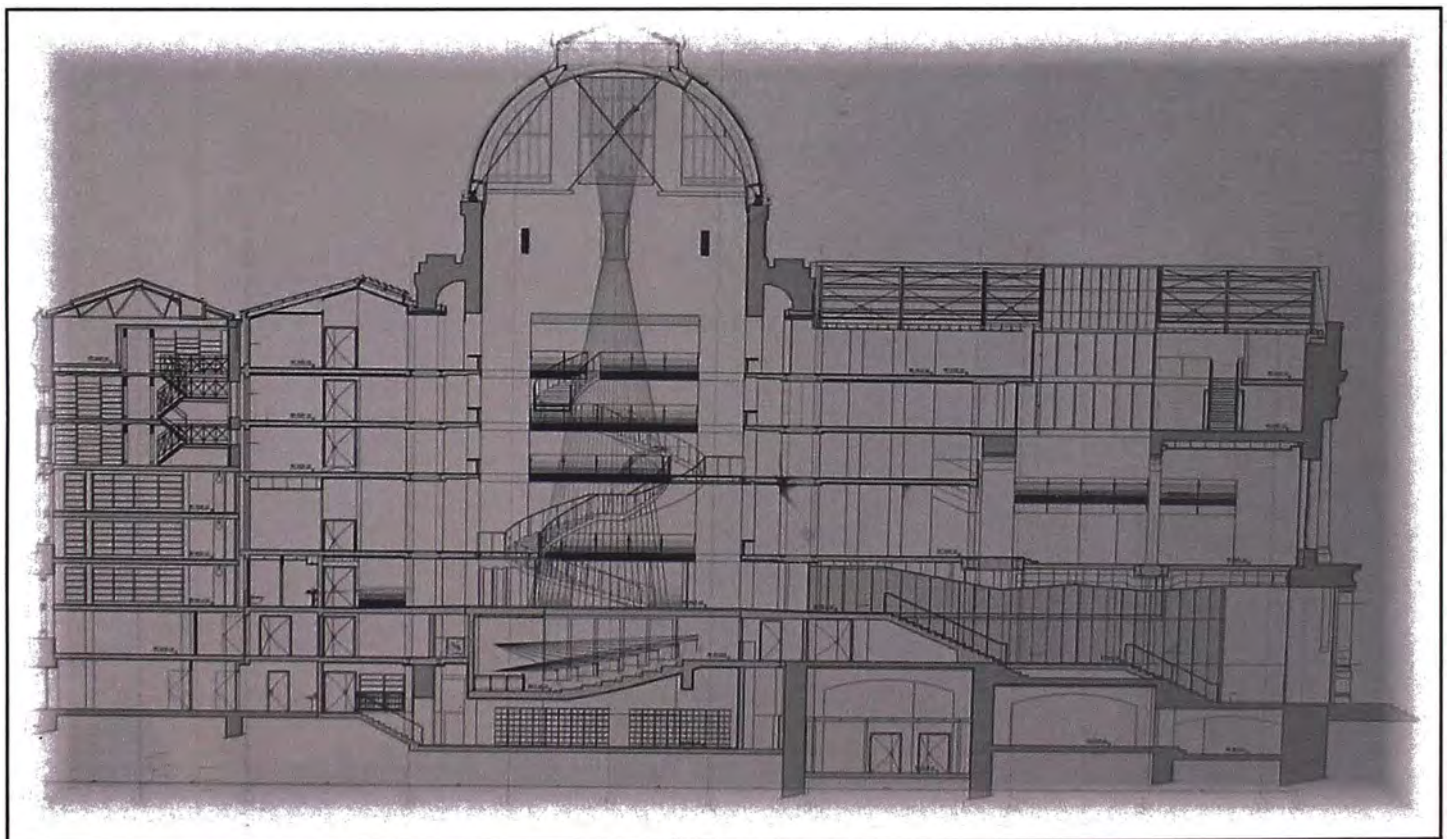


Foto 7: Cortes

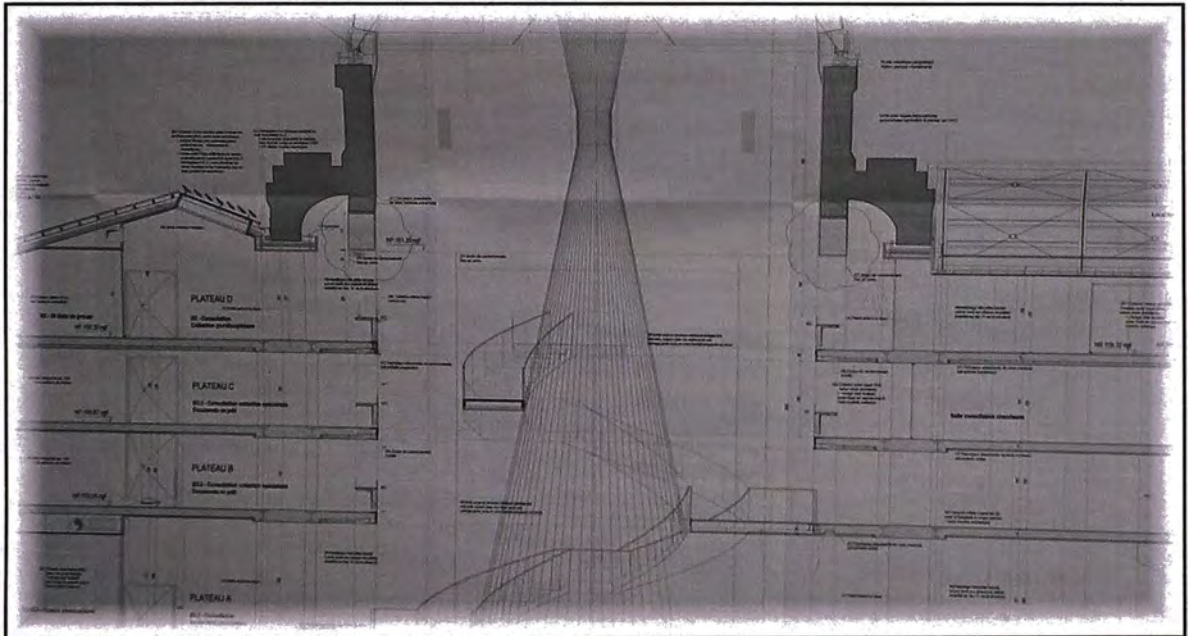


Foto 8: Vista en Planta

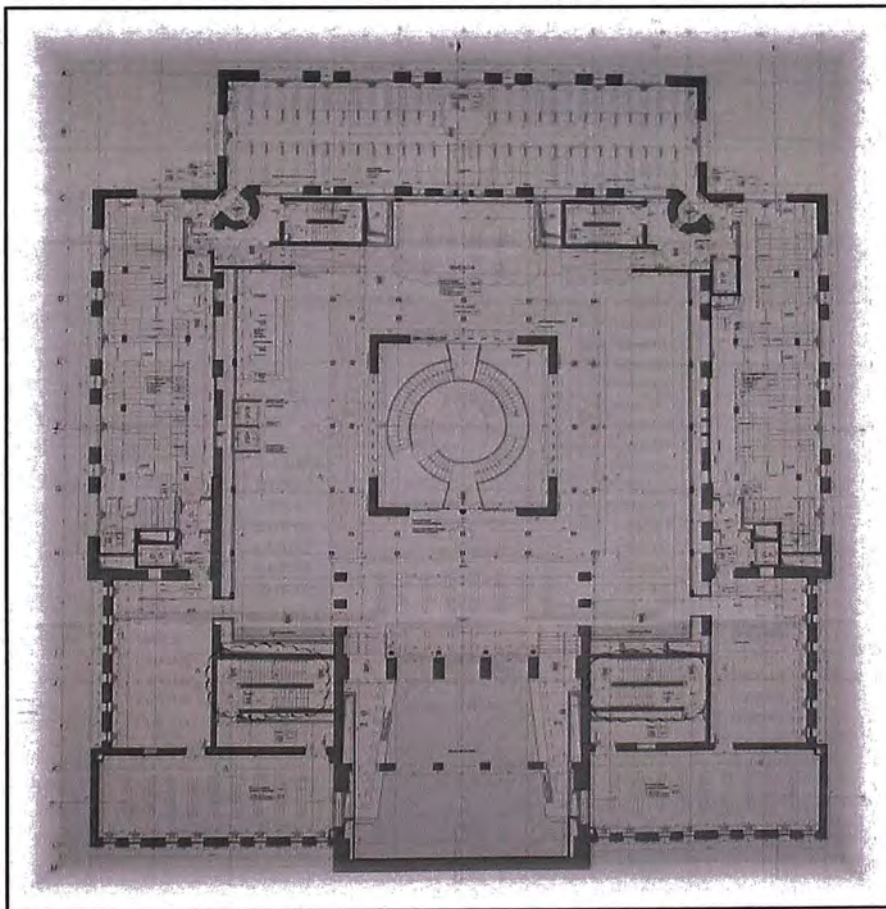


Foto 9: Vista en Planta detalle

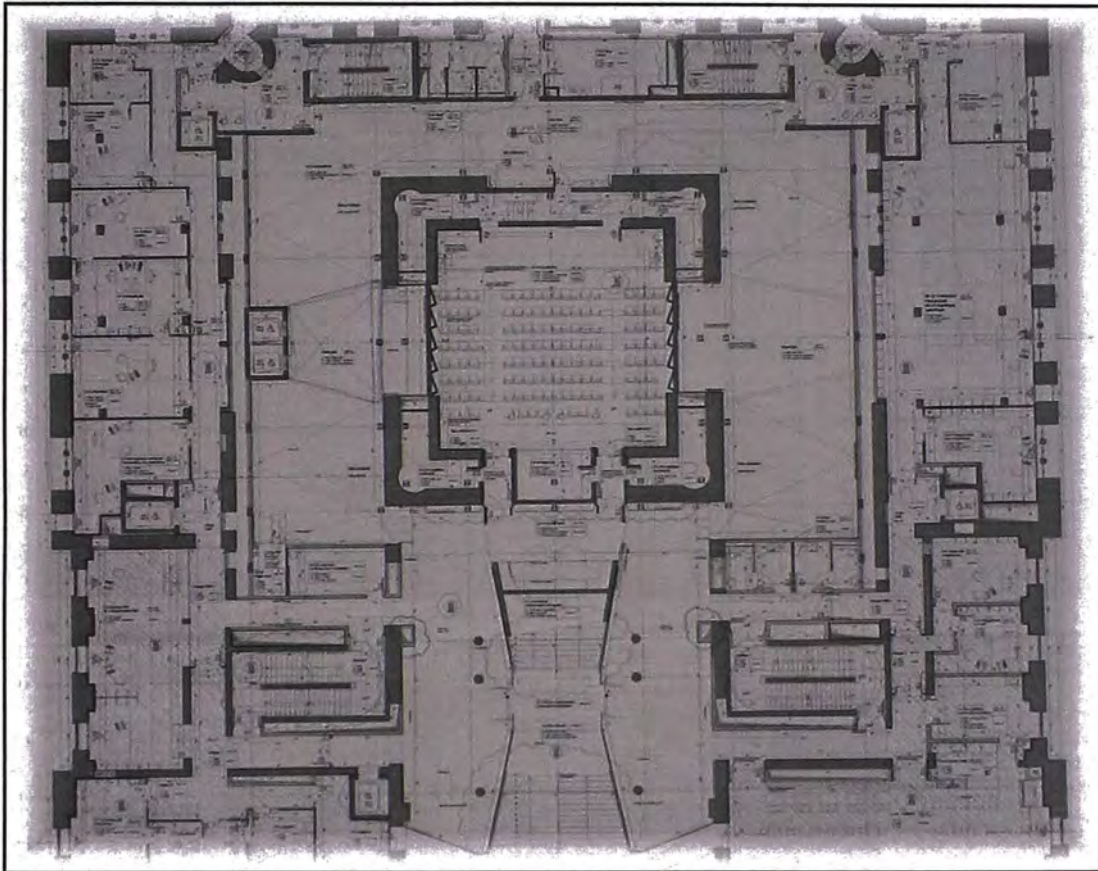


Foto 10: La prensa



Foto 11: demolición de muros



Foto 12: Montaje de la escalera, sobre la bóveda.



Foto 13: Detrás de las fachadas.



Foto 14: vista de abajo



Foto 15: puntales en caballete.



Foto 16: sobre la cúpula.

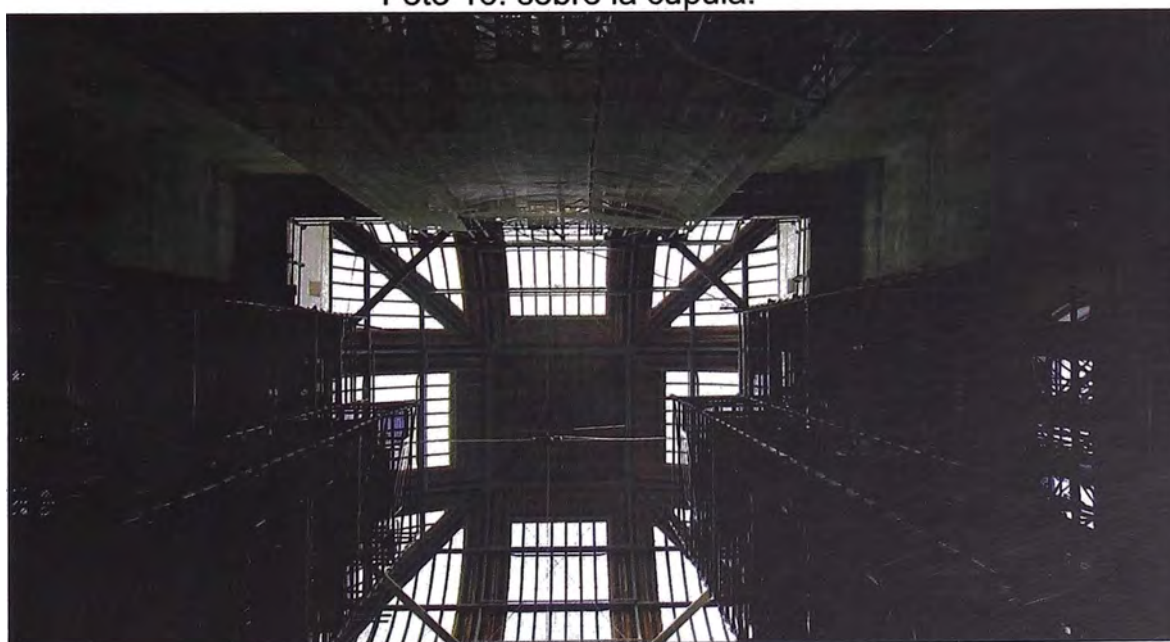


Foto 17: Andamios de cúpula



Foto 18: Aberturas de pase.



Foto 19: Cascara de muros patrimonio.



Foto 20: Montajes hacia los otros niveles.



Foto 21: Vaciado de muros



Foto 22: Aceros de refuerzo.



Foto 23: Chupones de protección



Foto 24: Preparación de Losas.

