



**CIMENTACIONES ESPECIALES PARA CONSTRUCCIÓN DE UN SÓTANO EN
EDIFICIO HISTÓRICO**

Estudio de caso

Antiguo Colegio de La Sagrada Familia en Cali (Colombia)

ING. LEIDY VIVIANA ARIAS LONDOÑO

Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil y Geomática

Cali, Colombia

2017

**CIMENTACIONES ESPECIALES PARA CONSTRUCCIÓN DE UN SÓTANO EN
EDIFICIO HISTÓRICO**

Estudio de caso

Antiguo Colegio de La Sagrada Familia en Cali (Colombia)

ING. LEIDY VIVIANA ARIAS LONDOÑO

Trabajo de investigación presentado como requisito para optar al título de:

Magister en Ingeniería con énfasis en Ingeniería Civil

Director:

ING. HAROLD CÁRDENAS, M.Sc.

Codirector:

ING. JUAN RAÚL SOLARTE

Universidad del Valle

Facultad de Ingeniería

Escuela de Ingeniería Civil y Geomática

Cali, Colombia

2017

Nota de aceptación

Jurado

Jurado

Cali, septiembre de 2017

Agradecimientos

A Dios, por haberme acompañado y guiado a lo largo de mi carrera, por ser mi fortaleza en los momentos de debilidad y por brindarme una vida llena de aprendizajes, experiencias y sobre todo felicidad.

A mis padres Getsain y Martha, por la formación y el apoyo ofrecido.

A Natalia, mi hermana, por ayudarme en aquellos momentos de necesidad y por llenar mi vida de grandes momentos.

A Fausto, por ser una parte muy importante de mi vida, por haberme apoyado en las buenas y en las malas, sobre todo por su paciencia y amor incondicional.

A mis directores de tesis, Harold Cárdenas y Juan Raúl Solarte, por todo el acompañamiento recibido para la realización de este proyecto.

A mis profesores, por su voluntad para compartir sus conocimientos.

A Gandini y Orozco Ltda. Ingenieros, por el apoyo brindado y otorgarme el espacio para realizar esta maestría.

Al proyecto Hotel La Sagrada Familia, por darme la oportunidad de desarrollar mi proyecto de grado.

A todos ellos, muchísimas gracias.

RESUMEN

Este proyecto se desarrolló como un estudio de caso en torno a la transformación del antiguo Colegio de La Sagrada Familia ubicado en el barrio El Peñón en la ciudad de Santiago de Cali, el cual, después de un siglo de uso institucional, se encuentra en proceso de transformación en una plataforma hotelera que requirió la construcción de un sótano bajo uno de los edificios existentes, de tal forma que garantizara su conservación dada su condición patrimonial. Teniendo en cuenta lo anterior, surgió la necesidad de realizar el seguimiento a su construcción, evaluando diferentes métodos de submuración dependiendo de las características del suelo y las condiciones particulares del sitio.

Las situaciones que se identificaron antes de la intervención, las soluciones propuestas, así como la reflexión acerca de las mismas serán plasmadas en este documento como lecciones aprendidas para la ingeniería local y para proyectos que requieran una intervención similar.

Palabras claves: *Restauración, edificio histórico, submuración, estudio de caso.*

ABSTRACT

This project was developed as a case study around the transformation of the former Colegio de la Sagrada Familia located in El Peñon neighborhood in the city of Santiago de Cali, after 109 years of institutional use, is in the process of being transformed into a platform hotel that required the construction of a basement beneath an existing building, so that ensure its preservation given its patrimonial condition. Taking into account the above, there was a need to follow up on its construction, evaluating different methods of underpinning depending on the characteristics of the soil and the particular conditions of the site.

The situations that were identified before the intervention, the proposed solutions, as well as the reflection about them, will be reflected in this document as lessons learned for local engineering and for projects that require a similar intervention.

Keywords: *Restoration, historical building, underpinning, case study.*

Contenido

Introducción	1
Objetivos	3
Objetivo general	3
Objetivos específicos.....	3
Marco de referencia	4
Antecedentes	4
Marco jurídico	27
Ley 397 de 1997	27
Acuerdo 0232 de 2007	28
Estado del arte	30
Submuración: Definición y usos.....	30
Estudios previos y proceso de trabajo.	33
Métodos de submuración.....	33
Desarrollo del tema	41
Descripción de alternativas para la intervención.....	44
Alternativa 1	44
Alternativa 2	53
Alternativa 3	57
Alternativa 4	59
Evaluación de alternativas	65

Ejecución de obra	71
Proceso constructivo	71
Monitoreo de asentamientos	85
Resultados de la intervención	87
Conclusiones	88
Bibliografía	91
Anexos	93

Lista de figuras

<i>Figura 1.</i> Localización y visualización de las fachadas existentes al inicio de las obras.	5
<i>Figura 2.</i> Fases de excavación: soluciones de soporte y retención de tierra.	5
<i>Figura 3.</i> Trabajos de perforación dentro del edificio y plan de localización.	6
<i>Figura 4.</i> Sección transversal Chimenea (Lisboa).	7
<i>Figura 5.</i> Solución de soporte para la chimenea (Lisboa).	8
<i>Figura 6.</i> Asentamientos registrados para la chimenea (Lisboa).	9
<i>Figura 7.</i> Rejilla de vigas de concreto pretensado Antiguo Palacio en Lisboa.	10
<i>Figura 8.</i> Sección transversal del edificio, Beirut (Líbano).	13
<i>Figura 9.</i> Corte transversal de la nueva construcción subterránea (Bloque B) dentro del edificio preservado (Bloque A).	24
<i>Figura 10.</i> Verificación de los desplazamientos registrados (SUM) frente a sus equivalentes calculados (FEM) para el bloque A.	26
<i>Figura 11.</i> Submuración en el Museo Legión de honor, San Francisco, California.	31
<i>Figura 12.</i> Apuntalamiento con foso convencional.	34
<i>Figura 13.</i> Proceso Jet grouting.	35
<i>Figura 14.</i> Compactación con lechada	36
<i>Figura 15.</i> Micropilotes	37
<i>Figura 16.</i> Apoyos temporales con gatos mecánicos o hidráulicos.	38
<i>Figura 17.</i> Fundamento de pilotes de madera (paso 1).	38
<i>Figura 18.</i> Fundamento de pilotes de madera (paso 2).	39
<i>Figura 19.</i> Fundamento de pilotes de madera (paso 3).	39

<i>Figura 20.</i> Detalle de la pila de soporte.....	40
<i>Figura 21.</i> Distribución de Edificios Hotel La Sagrada Familia.	42
<i>Figura 22.</i> Edificio 1 del Hotel La Sagrada Familia	43
<i>Figura 23.</i> Planta de cimentación Alternativa 1	44
<i>Figura 24.</i> Planta primer piso – Edificio existente	45
<i>Figura 25.</i> Cabezal eje B y columna eje A.	45
<i>Figura 26.</i> Actividades preliminares – Alternativa 1.	46
<i>Figura 27.</i> Excavación de caissons desde nivel de piso 1.	47
<i>Figura 28.</i> Esquema orden de excavación de semicaissons.	48
<i>Figura 29.</i> Esquema de cimentación Alternativa 1.	48
<i>Figura 30.</i> Detalle de cabezales eje B	49
<i>Figura 31.</i> Sección Paso No. 3 Alternativa 1 –Caissons y losa de primer piso.....	50
<i>Figura 32.</i> Sección Paso No. 4 Alternativa 1 – Fundición de cabezales inferiores.....	50
<i>Figura 33.</i> Sección Paso No. 5 Alternativa 1 – Demolición de anillos.....	51
<i>Figura 34.</i> Sección Final Alternativa 1 –Columnas y vigas pisos superiores.	52
<i>Figura 35.</i> Planta de sótano – Espacio disponible para uso	52
<i>Figura 36.</i> Planta de cimentación Alternativa 2	54
<i>Figura 37.</i> Esquema construcción muro de contención por trincheras.	54
<i>Figura 38.</i> Etapas de construcción muro de contención - Alternativa 2	55
<i>Figura 39.</i> Esquema de cimentación Alternativa 2.	56
<i>Figura 40.</i> Área disponible para uso Alternativa 2.....	56
<i>Figura 41.</i> Esquema de cimentación Alternativa 3	58
<i>Figura 42.</i> Planta de cimentación Alternativa 3	58

<i>Figura 43.</i> Área disponible para uso Alternativa 3.....	59
<i>Figura 44.</i> Esquema de cimentación Alternativa 4.	60
<i>Figura 45.</i> Planta de cimentación Alternativa 4	61
<i>Figura 46.</i> Sección Paso 2 Alternativa 4 – Muro de contención y anillos eje B.	62
<i>Figura 47.</i> Sección Paso 5 Alternativa 4 – Fundición de columna en sótano.	63
<i>Figura 48.</i> Sección Paso 6 - Alternativa 4 – Cimentación eje A.	63
<i>Figura 49.</i> Área disponible para uso - Alternativa 4	64
<i>Figura 50.</i> Inicio de construcción de muro de contención.	72
<i>Figura 51.</i> Esquema de la excavación para muro de contención.	72
<i>Figura 52.</i> Cabezal superior eje B.	73
<i>Figura 53.</i> Formaleta para anillos de protección	74
<i>Figura 54.</i> Esquema de fundición de anillos de protección.....	74
<i>Figura 55.</i> Esquema Desplazamiento viga eje B.....	77
<i>Figura 56.</i> Esquema de refuerzo de cabezal inferior	79
<i>Figura 57.</i> Planta de cimentación con zapatas en eje A.	82
<i>Figura 58.</i> Sección Estructura real de sótano.	83
<i>Figura 59.</i> Estructura de pavimento para sótano.	84

Lista de imágenes

<i>Imagen 1.</i> Vista General de trabajos de excavación, Honolulu.	12
<i>Imagen 2.</i> Exploración de cimentación existente.	43
<i>Imagen 3.</i> Actividades preliminares	71
<i>Imagen 4.</i> Refuerzo para muro de contención	73
<i>Imagen 5.</i> Primer tramo de anillos para caisson	75
<i>Imagen 6.</i> Muro de contención esquina ejes 7-C y 1-B.	76
<i>Imagen 7.</i> Refuerzo para caisson y cabezal superior.	76
<i>Imagen 8.</i> Armado y fundición de losa de primer piso.	77
<i>Imagen 9.</i> Anillos de concreto descubiertos en sótano.	78
<i>Imagen 10.</i> Excavación de sótano.	79
<i>Imagen 11.</i> Armado y fundición de cabezales inferiores.	80
<i>Imagen 12.</i> Demolición de anillos en sótano.	80
<i>Imagen 13.</i> Complemento refuerzo de cabezal inferior.	81
<i>Imagen 14.</i> Fachada interna Edificio 1.	81
<i>Imagen 15.</i> Zapata eje A (sin confinamiento).	82
<i>Imagen 16.</i> Construcción columnas y losa en eje A.	83
<i>Imagen 17.</i> Columnas y losa en eje A.	84

Lista de tablas

Tabla 1. <i>Evaluación de alternativas. Variable: Costo</i>	66
Tabla 2. <i>Evaluación de alternativas. Variable: Tiempo de ejecución</i>	67
Tabla 3. <i>Evaluación de alternativas. Variable: Área disponible para uso</i>	67
Tabla 4. <i>Factores de dificultad para ejecución de obras</i>	68
Tabla 5. <i>Evaluación de alternativas. Variable: Dificultad para ejecución</i>	69
Tabla 6. <i>Comparación de alternativas</i>	69
Tabla 7. <i>Evaluación de alternativas. Resumen</i>	70
Tabla 8. <i>Registro de asentamientos de la estructura</i>	85

Lista de anexos

Anexo 1. Programación de actividades Alternativa 1.

Anexo 2. Presupuesto Alternativa 1.

Anexo 3. Programación de actividades Alternativa 2.

Anexo 4. Presupuesto Alternativa 2.

Anexo 5. Programación de actividades Alternativa 4.

Anexo 6. Presupuesto Alternativa 4.

Anexo 7. Programación de la obra ejecutada.

Anexo 8. Cantidades y costos de la obra ejecutada.

Introducción

La restauración de un inmueble patrimonial como el antiguo Colegio de La Sagrada Familia, representa un gran desafío para la ingeniería, ya que implica numerosas restricciones y dificultades para su intervención que pueden ser identificadas durante la etapa de diseño, pero también pueden surgir durante la construcción.

El cambio de uso de la edificación y las exigencias comerciales llevaron a la adición de un sótano en uno de los edificios existentes, cuya construcción realizada entre los años 2014 y 2015, supuso un proceso de diseño en el cual se plantearon diferentes alternativas de intervención, lo que hacía necesario estudiar minuciosamente la forma de intervenirlo para modernizarlo y adecuarlo a las necesidades y normativas actuales.

La evaluación técnico-económica de las alternativas para acometer la construcción del sótano del edificio permitiría identificar los pros y contras de cada una, para elegir la que presentara mayor coherencia con los fines establecidos, fuera factible y conllevara el menor número de dificultades y contratiempos.

El objetivo inicial de este proyecto era, además de documentar el proceso constructivo, determinar la alternativa más adecuada, es decir, la que implicara menor tiempo de ejecución, menores dificultades constructivas y menores costos, por medio de una evaluación de aspectos técnicos y económicos de las posibles opciones. Durante la etapa de diseño, tres de las cuatro alternativas se desarrollaron de manera esquemática y fueron descartadas en una evaluación técnica preliminar sin presupuesto ni programación de obra definidos. En este trabajo se realizó la evaluación de dichas alternativas con el fin de determinar si la decisión tomada para intervención fue acertada.

En este documento se presentará una descripción de las alternativas de construcción propuestas, una evaluación de los aspectos técnicos y económicos de las mismas, y una descripción del proceso constructivo así como el registro de los inconvenientes que se presentaron durante la construcción y las soluciones dadas en cada caso.

Objetivos

Objetivo general

Determinar la alternativa más factible para la construcción de una obra subterránea en el inmueble patrimonial del antiguo Colegio de La Sagrada Familia en Cali.

Objetivos específicos

- Analizar el caso y las distintas variables desde diferentes perspectivas técnicas.
- Estudiar cada uno de los problemas técnicos que se identificaron previo a la intervención.
- Establecer el proceso de selección para elegir la alternativa más factible y que conlleve el menor número de dificultades y efectos negativos.

Marco de referencia

Antecedentes

A continuación se presentan algunos casos, disponibles en la literatura, en los que se han realizado adecuación de edificios históricos.

Soluciones de Soporte de construcciones históricas

Pinto, Ferreira, & Barros (2001) realizan una breve descripción de las técnicas de micropilotaje y jet grouting, y presentan las historias de cuatro casos prácticos en los que se adoptaron estas técnicas, y finalmente mencionan las principales ventajas y limitaciones de las técnicas utilizadas.

Caso A: Fachadas Edificio en Lisboa (Portugal) en el barrio histórico de "Bairro Alto", cerca de "S. Pedro de Terraza Alcântara". El edificio se encuentra en Lisboa, en el barrio histórico de "Bairro Alto", cerca de "S. Pedro de Terraza Alcântara". La construcción de un sótano con 3 plantas, cuyas dimensiones eran 12 x 20 m² al interior de un edificio existente, exigía la demolición de la estructura de ladrillo y mampostería existente, conservando las fachadas externas.

Como principales restricciones se pueden señalar: las condiciones geológicas, las condiciones del entorno (sitio en el casco histórico de "Barrio Alto"), así como la geometría y el deterioro de las fachadas a preservar, los cuales tuvieron que ser arriostrados durante los trabajos de excavación.

Debido a la estructura del edificio y a su deterioro (ver Figura 1), así como a su geometría y bajo espacio, restringido por el sistema de refuerzo de las fachadas, estas se apoyaron en dos

paredes de hormigón armado, apuntaladas verticalmente por micropilotes y horizontalmente con tirantes. La excavación y la construcción de ambas paredes siguieron la técnica de "Berlín". (Ver Figura 2).

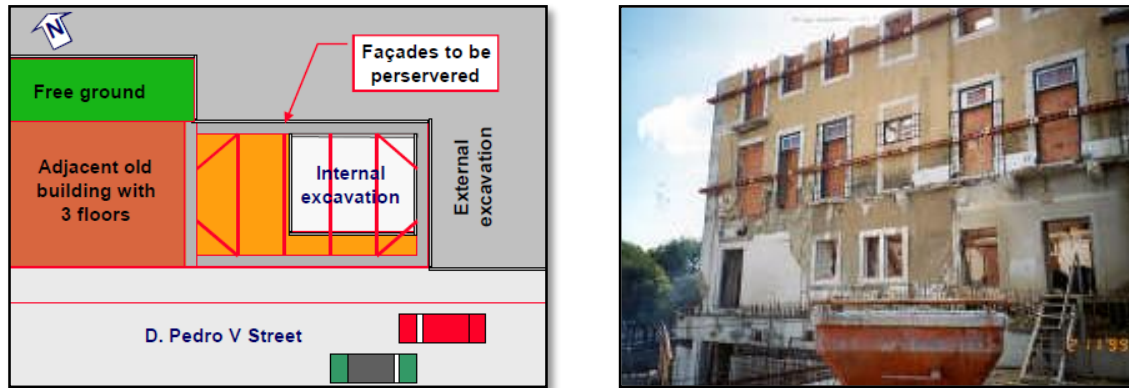


Figura 1. Localización y visualización de las fachadas existentes al inicio de las obras.

Tomado de Pinto, A., Ferreira, S., & Barros, V. (2001). Underpinning solutions of historical constructions. In P. B. Lourenço, & P. Roca, *Historical Constructions 2001: Possibilities of Numerical and Experimental Techniques. Proceedings of the 3rd International Seminar* (pp. 1003-1012). Guimarães, Portugal.

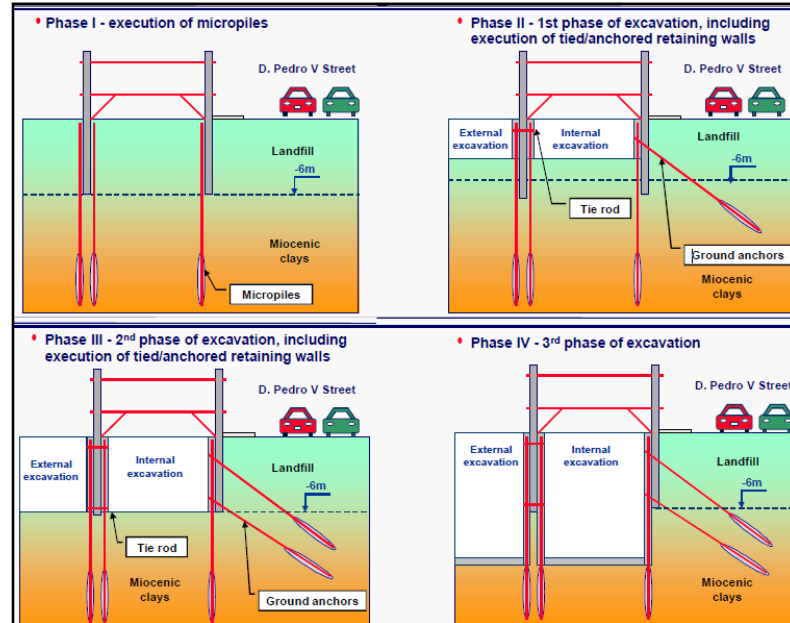


Figura 2. Fases de excavación: soluciones de soporte y retención de tierra.

Tomado de Pinto, A., Ferreira, S., & Barros, V. (2001). Underpinning solutions of historical constructions. En P. B. Lourenço, & P. Roca, *Historical Constructions 2001: Possibilities of Numerical and Experimental Techniques. Proceedings of the 3rd International Seminar* (pp. 1003-1012). Guimarães, Portugal.

Caso B: Edificio histórico en el centro de la ciudad de Aveiro (Portugal). El edificio de ladrillo y estructura de mampostería de 4 plantas y una superficie de 14x32 m², se encuentra en el centro de Aveiro. La construcción de un sótano exigió, por motivos arquitectónicos, la demolición de 2 columnas de mampostería existentes y la construcción de 3 nuevas columnas de hormigón armado.

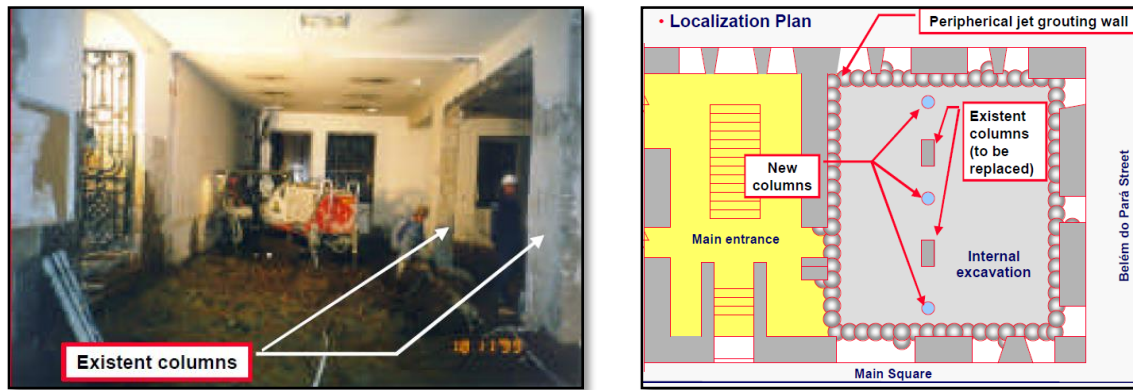


Figura 3. Trabajos de perforación dentro del edificio y plan de localización.

Tomado de Pinto, A., Ferreira, S., & Barros, V. (2001). Underpinning solutions of historical constructions. En P. B. Lourenço, & P. Roca, *Historical Constructions 2001: Possibilities of Numerical and Experimental Techniques. Proceedings of the 3rd International Seminar* (pp. 1003-1012). Guimarães, Portugal.

Como principales restricciones se pueden señalar: las condiciones geológicas, que exigían la excavación por encima de la capa freática del suelo y la estructura del edificio y recinto bajo, como obras que había que hacer en el interior del edificio.

Debido a la geometría del edificio (recinto bajo), las fachadas se apoyaron en una pared de inyección de una sola hilera, formada por columnas de 0,80 m de diámetro, espaciadas 0,70 m. La demolición de las columnas internas se realizó justo después de la excavación y la ejecución de las 3 nuevas columnas de hormigón armado, que exigieron el apoyo de las columnas existentes con dos columnas de inyección de diámetro de 1m.

Caso C: Antigua chimenea en Lisboa (Portugal). La chimenea de más de 30 metros de altura, estructura de ladrillo y mampostería, pertenecía a una antigua fábrica química, denominada "União", y se ubica en el barrio de "Alcântara". La construcción de un nuevo complejo residencial y comercial de 2 plantas por debajo del nivel del suelo para fines de estacionamiento, que recorrió parcialmente la fundación de mampostería de chimenea, exigió el apoyo de la chimenea, que por razones arquitectónicas tuvo que ser reformada.

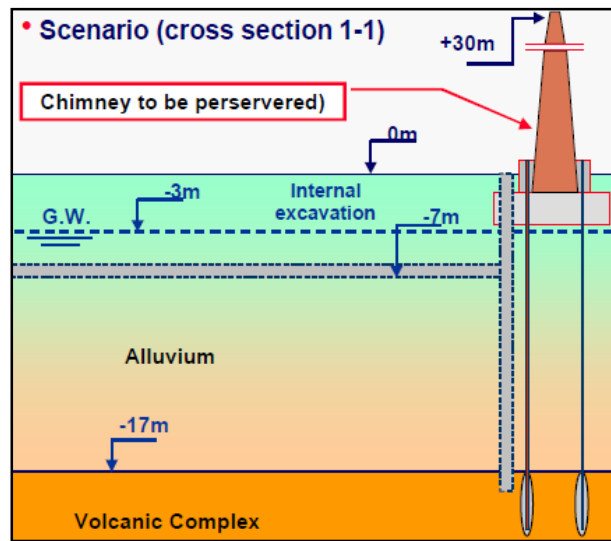


Figura 4. Sección transversal Chimenea (Lisboa).

Tomado de Pinto, A., Ferreira, S., & Barros, V. (2001). Underpinning solutions of historical constructions. In P. B. Lourenço, & P. Roca, *Historical Constructions 2001: Possibilities of Numerical and Experimental Techniques. Proceedings of the 3rd International Seminar* (pp. 1003-1012). Guimarães, Portugal.

Como principales restricciones se pueden señalar: las condiciones geológicas, la cama de roca (complejo volcánico) que está situada a una profundidad de 17 m y la ejecución de una excavación de profundidad de 7 m situada a 1 m del pozo de la chimenea, que cruza el fundamento original de la chimenea y la mampostería.

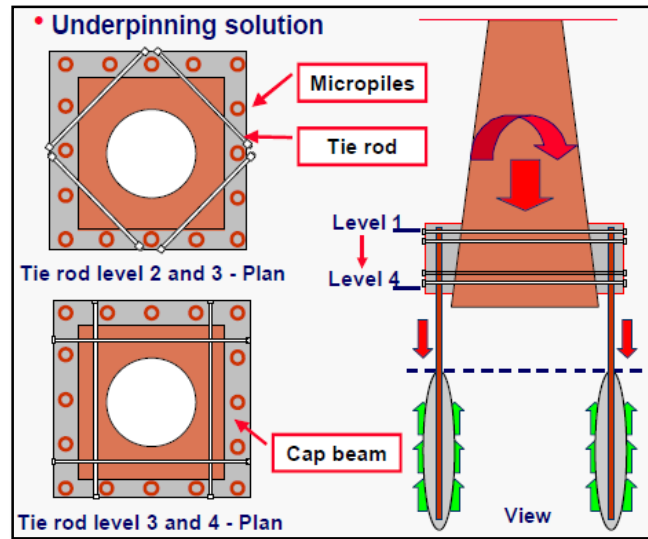


Figura 5. Solución de soporte para la chimenea (Lisboa).

Tomado de Pinto, A., Ferreira, S., & Barros, V. (2001). Underpinning solutions of historical constructions. In P. B. Lourenço, & P. Roca, *Historical Constructions 2001: Possibilities of Numerical and Experimental Techniques. Proceedings of the 3rd International Seminar* (pp. 1003-1012). Guimarães, Portugal.

Debido a la estructura de la chimenea y su esbeltez, la solución de apoyo comprendía la ejecución de 16 micropilotes con 24 m de longitud, incluyendo 6m de longitud de enlace en el complejo volcánico. Los micropilotes estaban cubiertos por vigas de hormigón, que estaban conectadas a la estructura de la chimenea con tirantes pretensados (Ver Figura 5). El rendimiento de la chimenea se analizó a través de un Plan de Monitoreo y Levantamiento, que comprende objetivos reflectantes ubicados en diferentes niveles en el pozo de la chimenea. Durante los trabajos de excavación se recogieron información de los asentamientos al menos una vez por semana (Ver Figura 6).

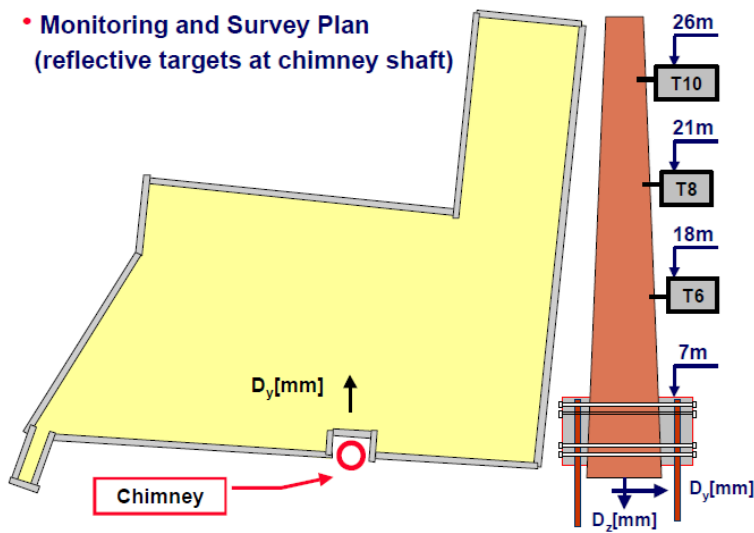
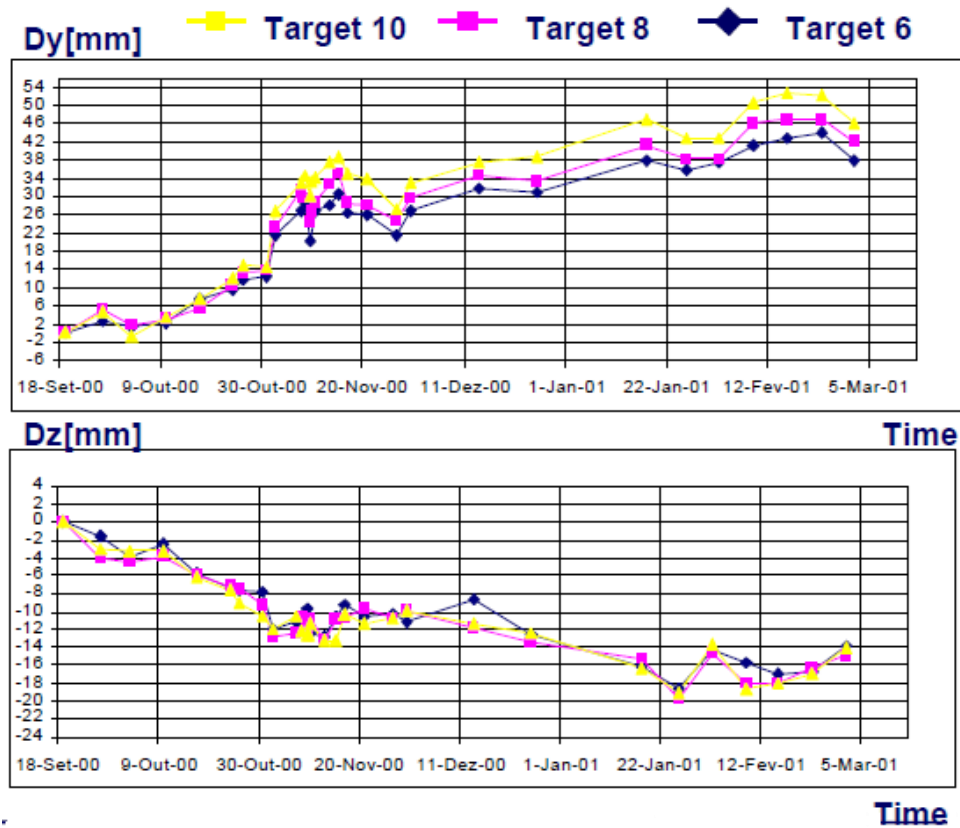
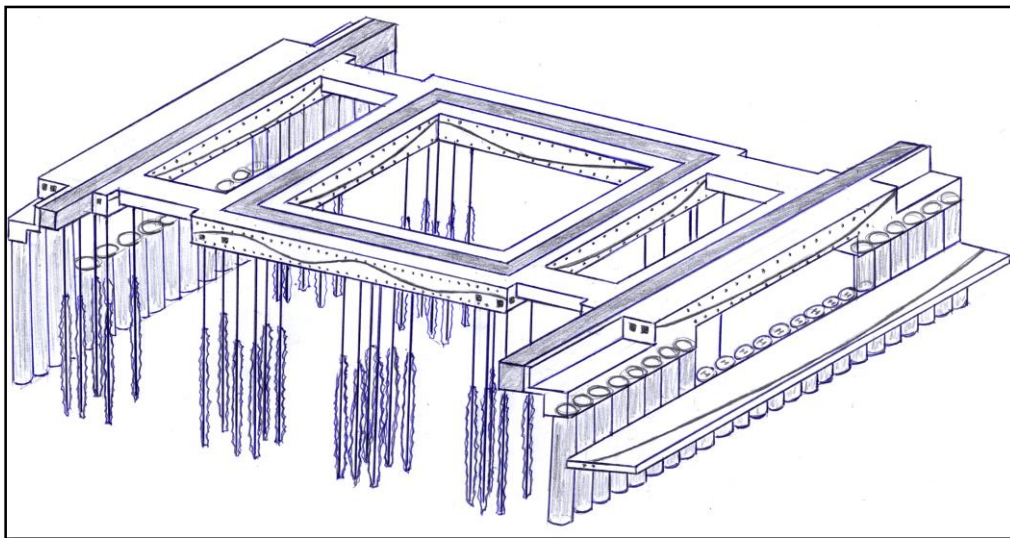


Figura 6. Asentamientos registrados para la chimenea (Lisboa).

Tomado de Pinto, A., Ferreira, S., & Barros, V. (2001). Underpinning solutions of historical constructions. In P. B. Lourenço, & P. Roca, *Historical Constructions 2001: Possibilities of Numerical and Experimental Techniques. Proceedings of the 3rd International Seminar* (pp. 1003-1012). Guimarães, Portugal.

Caso D: Antiguo Palacio en Lisboa (Portugal) en la Avenida F.P. Melo. Construido a principios del siglo XX, con estilo clásico francés, estructura de ladrillo y mampostería, el Palacio tiene 3 plantas, una superficie de 30x30 m² y está situado en el centro de Lisboa, rodeado de importantes calles, como la avenida F.P.Melo. Con el fin de afrontar el nuevo proyecto, que exigió una excavación de 24 m de altura media en suelos micénicos de Lisboa de todo el palacio, así como la construcción de una galería bajo su estructura, el palacio fue apuntalado internamente con micropilotes y externamente con pilotes contiguos perforados. Según el nuevo proyecto, el Palacio se convertirá en un hotel y las áreas subterráneas se utilizarán principalmente para el estacionamiento y las compras.



Paredes existentes (estructura de ladrillo y mampostería).



Emparrillado de vigas de hormigón pretensado.

Figura 7. Rejilla de vigas de concreto pretensado Antiguo Palacio en Lisboa.

Tomado de Pinto, A., Ferreira, S., & Barros, V. (2001). Underpinning solutions of historical constructions. In P. B. Lourenço, & P. Roca, *Historical Constructions 2001: Possibilities of Numerical and Experimental Techniques. Proceedings of the 3rd International Seminar* (pp. 1003-1012). Guimarães, Portugal.

Como principales restricciones se pueden señalar: las condiciones geológicas, las condiciones del entorno, la estructura, la geometría y el programa de construcción.

El apuntalamiento de las paredes externas se realizó con una pared de pilotes contiguos perforados (0,80 m de diámetro y 1,0 m de pared), conectada a las paredes de mampostería a través de la viga de pilotes. Las pilas estaban revestidas con concreto lanzado. Debido a la geometría del palacio y a la existencia de los micropilotes internos, las pilas fueron apoyadas en 6 niveles por las vigas del anillo del concreto. Estas vigas fueron puestas contra el suelo y sus niveles fueron definidos para coincidir con los últimos bloques subterráneos. Las vigas estaban soportadas por perfiles verticales de acero con el fin de restringir su deformación.

El desempeño del Palacio fue analizado a través de un amplio Plan de Monitoreo y Levantamiento, que comprende: marcas topográficas (objetivos reflectantes) e inclinómetros (localizados dentro de las pilas). Los datos se recogieron al menos una vez por semana.

Estrategias de submuración para edificios con cimentaciones profundas.

Kordahi (2004) analiza métodos utilizados para ofrecer soluciones seguras, rápidas y prácticas para casi cualquier problema geotécnico en relación con las bases de una estructura, enfocándose en técnicas con lechada y micropilotaje. Por otra parte, presenta algunos estudios de casos prácticos, como “*Boston Central Artery Project (Big Dig)*”, donde se adoptaron estas técnicas; se muestran las etapas de su ejecución y sus principales ventajas y desventajas.

Pan-Pacific Plaza, Honolulu. Se utilizó una combinación de láminas de amarre, clavado y apoyo en el suelo para soportar estructuras adyacentes, servicios públicos y vías para excavaciones de 56 pies de profundidad en el centro de Honolulu (ver Imagen 1). El esquema

inicial de apoyo de la estructura adyacente de Unión Plaza, que consistía en soportar las zapatas existentes directamente sobre montantes de soporte, fue revisado en el campo cuando se descubrió que las zapatas existentes eran de muy mala calidad. Por lo tanto, el plan revisado consistió en construir una viga de hormigón postensada debajo de las zapatas existentes y soportar la viga sobre las pilas de soporte. Este método de apoyo dio lugar a menos de 1/4 de pulgada de asentamiento para el edificio de Unión Plaza.



Imagen 1. Vista General de trabajos de excavación, Honolulu.

Tomado de: Kordahi, R. Z. (2004). *Underpinning Strategies for Buildings with Deep Foundations*. Massachusetts Institute of Technology.

Sistema de soporte basado en micropilotes precargados para la Construcción de sótanos adicionales, Beirut (Líbano). El edificio residencial existente con 7 pisos y 1 sótano fue fundado sobre bases individuales de arena.

El diseñador estructural impuso una limitación de 5 mm para el movimiento vertical diferencial de columnas individuales y paredes en el sótano existente. Esta restricción debía ser

respetada por razones estructurales a lo largo de las obras completas de ampliación y rehabilitación.

La carga total del edificio se incrementó de 59300 KN a 80600 KN. Para el diseño del sistema de apoyo se tuvieron en cuenta dos casos de carga:

1. Apoyo temporal de las cargas de construcción existentes durante la fase de construcción del sótano.
2. Apoyo permanente de las cargas finales.

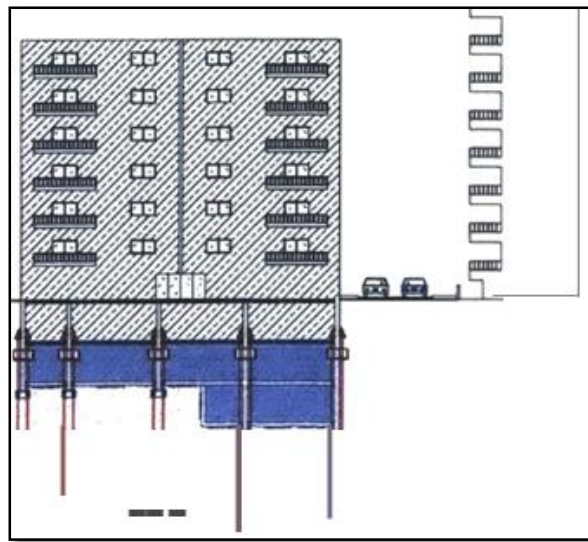


Figura 8. Sección transversal del edificio, Beirut (Líbano).

Tomado de: Kordahi, R. Z. (2004). *Underpinning Strategies for Buildings with Deep Foundations*. Massachusetts Institute of Technology.

Los dos casos de carga tenían que ser manejados por el mismo sistema de apoyo con transferencia de carga separada. Para la combinación de diseño de ambos casos de carga se consideró un incremento de carga de hasta 40% y un desplazamiento horizontal del centro de carga de columnas hasta 25 cm.

La disposición de los micropilotes se determinó teniendo en cuenta factores como:

- Accesibilidad para la construcción de micropilotes.
- Carga de columna y capacidad de carga de micropilotes.
- Excentricidades de carga de columnas y soporte de pilotes para casos de carga existentes y finales.
- Simetría de transferencia de carga por precarga en parejas y restricciones de precarga impuestas por cargas muertas de columnas existentes como contrapeso.

Las deformaciones verticales estimadas bajo las cargas existentes esperadas durante la excavación fueron de aproximadamente 3 mm y bajo cargas finales fueron de aproximadamente 5 mm. Las deformaciones reales medidas después de la terminación de los trabajos de construcción estaban en el rango de 0 a 7 mm y los movimientos diferenciales entre columnas adyacentes no excedían de 4 mm.

Las líneas críticas encontradas durante la ejecución de obras son las siguientes:

1. Determinación de la posición, tamaño y propiedades de las zapatas existentes.
2. Determinación de las cargas de columnas existentes para realizar la precarga sin empujar hasta las columnas.
3. Determinación de las posiciones de los puntos centrales de la nueva situación de carga también evita las excentricidades bajo la carga de la lámina y la comprobación de las excentricidades para la precarga en situación de carga existente.
4. Selección del acceso para la máquina de perforación, especialmente en las columnas periféricas y la eliminación temporal de partes de las paredes externas existentes, incluyendo el apuntalamiento temporal relacionado.

5. Elección de ajustes in situ de muchos detalles constructivos especialmente para la instalación de sistemas de transferencia de carga, incluyendo ensayos in situ relacionados.
6. Coordinación de varias actividades en el sótano restringido, tales como obras de rotura y hormigón para modificaciones estructurales, es decir, revestimiento de columnas, construcción de columnas nuevas y remoción de columnas y vigas abandonadas, construcción de micropilotes, preparación y fijación de sistemas de transferencia de carga, apuntalamiento, excavación, etc.
7. Verificación del nivel de iluminación y ventilación adecuadas del área de trabajo.
8. Demolición de la base existente en el curso de la excavación de nuevos sótanos se realizó mediante interruptores manuales suspendidos del techo, 3 días para eliminar los cimientos de 2,5 x 2,5 x 0,8 usando 2 interruptores.
9. Estimación del tiempo de ejecución, el cual se eligió de la siguiente manera:
 - 3 meses para la construcción de micropilotes con 1 unidad Huette 200 TF.
 - 1 mes para el arreglo de todos los sistemas de transferencia de carga.
 - 10 días para la aplicación de la precarga bajo vigilancia cuidadosa.
 - 4,5 meses para la construcción del segundo y tercer sótano incluyendo todas las actividades relacionadas, comenzando con la construcción de la losa del primer sótano.

Llegar al fondo de la submuración.

Peraza (2006) presenta algunos casos en los cuales no se implementó el soporte adecuado a las edificaciones y los problemas que se generaron a raíz de esa situación.

El proceso de excavación para una nueva cimentación de una edificación, especialmente en entornos urbanos, a menudo puede ocasionar daños a los edificios adyacentes, a pesar de lo que puede parecer un diseño estructural adecuado. En algunos casos, el daño puede ser severo, dando por resultado la necesidad de desocupar temporalmente un edificio e incluso dar lugar a un colapso parcial. Las consecuencias pueden incluir lesiones y pérdidas de vidas, daños materiales extensos, demoras en la construcción y litigios costosos. Los problemas de seguros y legales resultantes pueden ser costosos, incluso en casos de daños menores.

El documento cita algunos ejemplos que ilustran los problemas que pueden ocurrir debido al apoyo inadecuado:

En la década de 1980, tres edificios de la guerra civil de la vendimia en Lexington, KY colapsaron dramáticamente mientras que las renovaciones estaban en curso. Los edificios eran parte del complejo de la plaza victoriana. Las reformas incluyeron bajar las losas del sótano. Se requería el apoyo de los zócalos de la pared del perímetro y dejar una berma de tierra en su lugar hasta que se instalara el apoyo. Sin embargo, se sobreexcavaron y socavaron las bases. Afortunadamente, los edificios advirtieron, en forma de vidrio quebrantado y sonidos inusuales, lo que permitió que los trabajadores evacuaran y el personal de emergencia acordonara el área a tiempo.

En otro caso, se construyó un complejo residencial de 200 millones de dólares, construido junto a un antiguo edificio de cuatro pisos, que fue utilizado como templo por monjas budistas. El edificio fue apoyado sobre cimientos de escombros. Sin embargo, la combinación de la fundación antigua de los escombros, junto con algún tiempo lluvioso inoportuno, dio lugar a la liquidación significativa del edificio. Las grietas anchas aparecieron a lo largo del interior de la

pared. La construcción fue detenida y el edificio fue desocupado por el departamento de construcción mientras se implementaron medidas de emergencia.

El último caso estudiado corresponde a una edificación en la cual previamente se habían identificado los edificios residenciales adyacentes que debían ser apoyados. Sin embargo, el consultor no consideró el apoyo de un muro de sótano en particular que estaba situado a unos 5 pies de la línea de propiedad. Cuando la excavadora retiró el suelo en esta área, se socavó la base y la residencia sufrió asentamiento. El apuntalamiento fue añadido como medida de emergencia que estabilizó el edificio. La residencia no sufrió daños estructurales, pero sufrió daños menores en los acabados y en los marcos de las puertas, todos ellos fácilmente reparables. Sin embargo, el propietario inició una demanda judicial, que continuó durante muchos años, buscando compensación por millones de dólares (un valor muy superior al de los daños reales).

Después de realizar el análisis de los casos mencionados, el documento concluye que gran parte de los daños causados a los edificios existentes como resultado de nuevas construcciones, podrían evitarse si las partes involucradas en el proceso de construcción tuvieran una mejor comprensión de las bases y de las posibles consecuencias de no realizarlas de manera oportuna o apropiada. Se puede minimizar estos problemas asegurándose de que se lleva a cabo una investigación apropiada antes de diseñar, mostrando el grado de estabilización necesaria en los diseños, delineando claramente las funciones y responsabilidades de las distintas partes y fomentando la comunicación durante la fase de construcción.

Fortalecimiento y fundamento de los cimientos del Ministerio de Empleo y Economía de Finlandia en la Calle Alexander No.4 y 6.

El documento realizado por Avellan (2009) presenta un resumen de las intervenciones realizadas en los edificios del Ministerio de Empleo y Economía de Finlandia en la Calle Alexander No. 4 y 6, debido al alto tráfico de vehículos cerca de los mismos. Las cimentaciones tuvieron que ser reforzadas ya que están en parte sobre la arena limosa en capas, y en parte sobre roca. Estas edificaciones fueron construidas en el siglo XIX, cuando Finlandia era parte del Imperio ruso. Están situados en el corazón de lo que constituye el conjunto arquitectónico neoclásico de Helsinki, y cada uno de ellos tiene un carácter único y una historia particular.

En las etapas iniciales de la obra, se realizó el apoyo a un nuevo sótano para el edificio en la calle Alexander N° 4, así como para bajar el sótano existente en otras partes de la estructura. Luego, el proyecto se amplió significativamente debajo de las instalaciones de la calle de Alexander No. 6. El trabajo incluyó el diseño de estructuras temporales y permanentes (acero y hormigón), diseño geotécnico y estructural de las cimentaciones, diseño de voladuras de una capa de entre 1 y 2 metros de roca madre bajo el edificio de la calle No. 4, así como el diseño de todas las estructuras de hormigón desde el sótano hasta la planta baja.

Análisis y reparación de edificios agrupados: Estudio de caso de un bloque en el centro histórico de la ciudad de L'Aquila (centro de Italia)

Este trabajo, presentado por Da Porto, Munari, Prota, & Modena (2013), hace referencia a un estudio experimental de un bloque de edificios en el centro histórico de la ciudad de L'Aquila, Italia Central, afectada por el terremoto del 06 de abril de 2009. Este bloque fue identificado bajo

un Decreto emitido durante la fase de emergencia, que obliga a los propietarios de edificios interconectados a constituir consorcios para reparar o reconstruir sus propiedades.

El bloque seleccionado tiene los problemas y las peculiaridades de la mayoría del entorno construido del centro histórico de la ciudad de L'Aquila y de muchos otros centros de la ciudad antigua: En el sótano y planta baja, paredes de piedra caliza irregularmente talladas, con mortero de mala calidad; la primera planta está hecha, en su mayoría, del mismo material que la planta baja, pero con una textura muy irregular y algunos materiales de desecho como pequeños ladrillos o piedras; cuando hay un segundo piso, generalmente se hace de mampostería de ladrillo, confirmando que es relativamente reciente; las cimentaciones, verificadas mediante excavaciones locales, son las fundaciones superficiales típicas de edificios históricos, construidos directamente debajo de sus muros de carga y están embebidos alrededor de 1 m en el suelo.

Este estudio se basó en la búsqueda histórica, el estudio y el análisis de la estructura con respecto a las propuestas para la reparación y refuerzo sísmico. En particular, describe problemas encontrados en los distintos niveles de interpretación del estudio, el daño, la modelación y análisis del comportamiento estructural de los edificios de mampostería en clúster. El método propuesto es adecuado para su aplicación a otros grupos con características similares, en L'Aquila y otros sitios históricos.

El hecho que los edificios de los centros históricos de las ciudades estén a menudo organizados en grupos que interactúan de manera compleja significa que cualquier enfoque del conocimiento, la interpretación del comportamiento, el análisis y el diseño de las intervenciones, hace que sea aún más difícil de llevar a cabo la alteración de edificios de los centros históricos que para los edificios antiguos ordinarios no interconectados.

Debe destacarse que sólo los estudios y encuestas realizadas en todo el clúster de edificios de los centros históricos pueden identificar conexiones y características similares entre edificios, permitiendo así una mejor interpretación del daño observado y la definición de condiciones de frontera e interacciones útiles entre edificios para un modelado fiable del clúster de edificios. Por lo tanto, la identificación de la geometría, los tipos estructurales, las técnicas de construcción, los patrones de daño y los análisis crítico-históricos se aplicaron al conjunto de edificios, y no a los edificios individuales.

Se requieren estudios y análisis para la correcta interpretación de los mecanismos de daños observados y los efectos causados por intervenciones anteriores, de modo que se puedan probar técnicas de intervención eficaces en tipos estructurales, elementos de construcción y materiales de edificios locales. Por un lado, se debe prestar atención a evitar intervenciones innecesarias; por otro lado, será necesario determinar criterios compartidos cuando se intervengan edificios considerablemente deteriorados, en los que gran parte de los elementos estructurales originales se hayan derrumbado. En cualquier caso, la elección de la intervención final debería estar estrechamente vinculada a todo el proceso de conocimiento de las condiciones de la edificación, aunque debería también estar apoyada adecuadamente por fases analíticas de diseño y cálculo.

Posibilidad para la estabilización de suelos y fundaciones con lechada de dos valiosas catedrales antiguas en suelos débiles en la región del Mar Báltico.

En este trabajo, Mackevicius (2013) analiza las deformaciones de las catedrales de Vilna y de Königsberg en Kaliningrado, y las posibilidades de estabilización de sus suelos con lechada ya que los cimientos de las dos catedrales fueron construidas en suelos débiles.

La catedral de Vilna y la catedral de Königsberg se construyeron en suelos blandos y durante varios siglos sufrieron grietas en sus estructuras y asentamientos que alcanzaron aproximadamente 2m. Se requería la estabilización de sus estructuras y la disminución de los asentamientos. Uno de los métodos de estabilización propuestos para estas catedrales fue la inyección de lechada.

En este caso la mayoría de los problemas de las cimentaciones son el resultado de una rigidez insuficiente del suelo de fundación subyacente a las estructuras. El método de inyección de lechada es ampliamente utilizado para remediar las deficiencias del suelo bajo estructuras que han sufrido asentamientos; implica el llenado del espacio poroso de los suelos. El objetivo es llenar un espacio vacío sin desplazamiento de la formación o cualquier cambio en la configuración o volumen vacío.

La inyección de lechada de cemento se ha intentado en muchas ocasiones. La experiencia ha demostrado que el método puede conducir a resultados muy satisfactorios, pero sólo si el suelo es relativamente homogéneo y si el tamaño del grano de las partículas de cemento no es demasiado pequeño.

El tamaño de grano de las partículas de cemento limita la finura de la arena que es adecuada para la lechada de cemento. Sin embargo, se pueden obtener suspensiones de arcilla de cualquier finura deseada, eliminando las fracciones más gruesas de arcillas naturales. Esto ha llevado a intentos de lechada de suelos con lodos de arcilla. En la práctica, se encuentra que la penetración de la suspensión se ve impedida por la formación de una piel de filtro que sella los huecos.

La inyección es una técnica de inserción de algún tipo de agente estabilizante en la masa del suelo bajo presión. La presión obliga al agente a entrar en los huecos del suelo en un espacio

limitado alrededor del tubo de inyección. El agente reacciona con el suelo y con él mismo para formar una masa estable. La lechada más común es una mezcla de cemento con o sin arena y agua.

Al realizar la evaluación de las condiciones de ambas catedrales, se concluyó lo siguiente:

- La estabilización de suelos arenosos con la lechada, bajo la catedral de Vilna fue posible.
- La estabilización de suelos arcillosos y turbas con la lechada, de la Catedral de Koenigsberg no fue posible.
- La adición de componentes activos a las resinas de carbamida aumentó la densidad y el pH (nivel de alcalinidad) de la solución y disminuyó la viscosidad de la lechada.
- La resistencia uniaxial de las arenas estabilizadas con resinas poliméricas cambió con el tiempo y aumentó de 2,4 MPa después de 7 días a 4,2 MPa después de 90 días.
- El contenido de formaldehído liberado en el aire atrapado en el suelo estabilizado disminuyó de 12 a 19 con el uso de resinas modificadas. El olor agudo e irritante del formaldehído se percibió por encima de las muestras recién trituradas de suelo estabilizado con la resina no modificada, causando una aguda irritación de los ojos de las personas presentes en las pruebas, mientras que dicho olor no se percibió por encima de las muestras de los suelos estabilizados con la resina modificada.

Evaluación de la influencia de submuración con Jet-grouting en los edificios cercanos.

En este documento, Chepurnova (2014) describe el movimiento de las partículas de suelo cuando este es inyectado con lechada por inyección de lechada a chorro o Jet-grouting. Esta es

una técnica que se emplea para minimizar los asentamientos y proporcionar apoyo de excavación y carga.

La construcción de nuevos edificios con infraestructuras subterráneas profundas en entornos urbanos a menudo implica la excavación de estructuras de retención en las proximidades de las estructuras ya existentes.

Por otro lado, a medida que la creciente presión de la población impulsa la necesidad de más infraestructuras y simultáneamente conduce a la ocupación de un mayor espacio superficial para residencias y otros tipos de desarrollos habituales en las grandes ciudades, las construcciones subterráneas seguirán utilizándose como la solución para estacionamiento.

Las deformaciones en las edificaciones, en particular los asentamientos generados por asentamientos en los estratos de suelo han sido denominadas asentamientos tecnológicos.

El objetivo de este trabajo fue determinar el valor mínimo de estas deformaciones (asentamientos) en dos sitios de construcción similares ubicados en el centro histórico de Moscú.

El inmueble en estudio es uno de los edificios históricos situados en el centro de Moscú. Es un complejo extenso de más de 200 m de largo y unos 100 m de ancho; su construcción se completó en 1865. Este Complejo Histórico consiste en un edificio externo conservado (Bloque A), y cuatro edificios rectangulares internos unidos por un único sótano. Fue uno de los primeros edificios con calefacción central en Moscú en ese momento. Este complejo incluye tres pisos principales sobre el nivel de la calle y uno abajo. Los edificios internos fueron demolidos para permitir la construcción de uno nuevo. La nueva construcción (Bloque B) es un moderno edificio multifuncional de 6 plantas con tres niveles subterráneos sobre la base de la losa monolítica con una columna de hormigón armado situado debajo de las fachadas internas del actual Bloque A (Ver Figura 9).

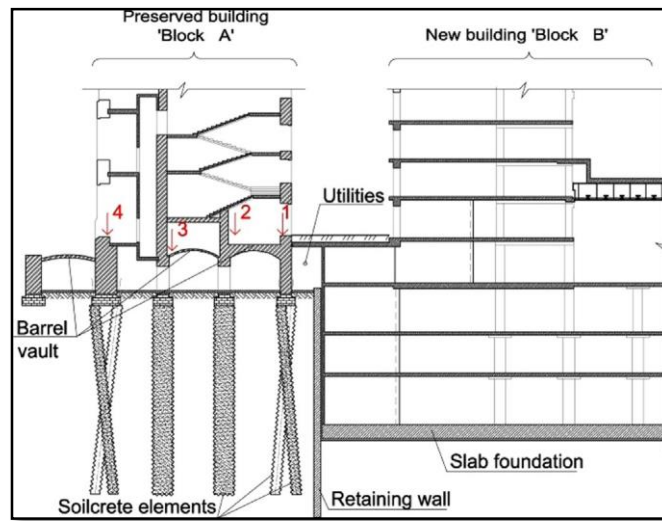


Figura 9. Corte transversal de la nueva construcción subterránea (Bloque B) dentro del edificio preservado (Bloque A).

Tomado de Chepurmova, A. (2014). *Assessing the influence of jet-grouting underpinning on the nearby buildings*. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 6 (2), pp. 105-112.

El diseño y la ejecución del proyecto de apoyo incluyeron los siguientes pasos:

1. Modelado numérico de la relación de tensión estresante del bloque B por la contabilidad de la interacción suelo-estructura.
2. Análisis de elementos finitos del suelo y evaluación de la influencia de las actividades de excavación en el Bloque A.
3. Elaboración del procedimiento de recalce que se describe a continuación:

Las bases se apoyaron asociadas a un esquema combinado caracterizado por una aplicación de técnica de mezcla: mini-chorro y sistema de un solo fluido (jet-1).

También se demostró que el sistema aseguraba la seguridad del edificio histórico externo (los asentamientos totales no excederían de 10 mm). La aplicación de este método garantiza una alta precisión y es una manera eficaz de minimizar el impacto

de asentamiento en los edificios circundantes. En primer lugar, la fundación existente se reforzó con cuatro elementos mini-chorro cruzados de 0,3m de diámetro con el fin de minimizar los asentamientos tecnológicos. Posteriormente, se levantaron las columnas de rejuntado de chorro (diámetro de 0,8 m) para apoyar la estructura.

4. La resistencia mínima a la compresión no confinada no debe ser inferior a 0,4 MPa para las columnas de chorro (jet-1) y el diámetro de la barra de acero mini-chorro debe ser de 57 mm.
5. Planificación del proyecto.
6. Prueba de campo para mejorar la técnica adoptada y realizar pruebas cuantitativas.
7. Modificación del proyecto en tiempo real en curso de ejecución.
8. Vigilancia in situ.

Durante la ejecución de las columnas a chorro, se registró una diferencia considerable en la profundidad de las cimentaciones, es decir, aproximadamente 2 m más profunda de lo esperado en algunos puntos de ubicación.

Teniendo en cuenta la complejidad de este procedimiento, se aplica un amplio programa de monitoreo en ambos activos. El programa incluye mediciones de los asentamientos de edificios adyacentes, controles visuales y control instrumental sensible del comportamiento de la grieta.

Las mediciones de los asentamientos se realizan nivelando marcas especiales instaladas en las columnas del bloque A y en las fachadas de los edificios cercanos. Los datos se recogen al menos una vez por semana. Los resultados del monitoreo se muestran respectivamente en la Figura 10.

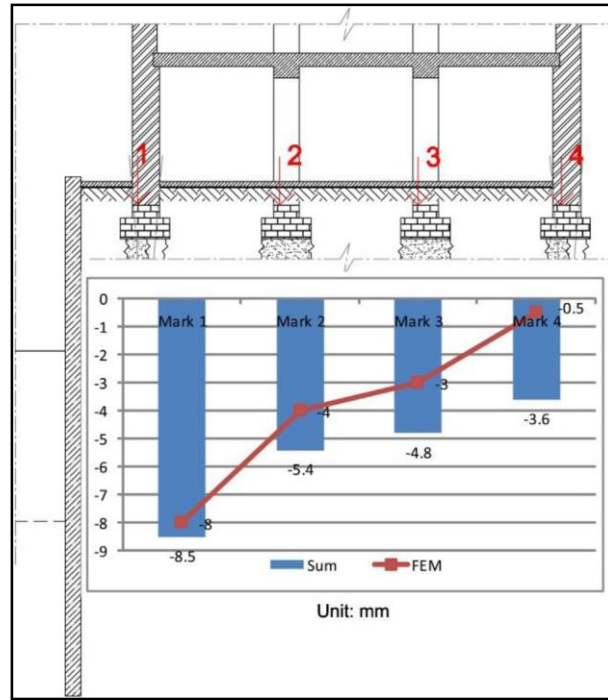


Figura 10. Verificación de los desplazamientos registrados (SUM) frente a sus equivalentes calculados (FEM) para el bloque A.

Tomado de Chepumova, A. (2014). *Assessing the influence of jet-grouting underpinning on the nearby buildings*. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, 6 (2), pp. 105-112.

El valor mínimo de asentamiento tecnológico se obtuvo simulando la relación tensión-deformación durante el proceso consecutivo de erosión del suelo parcialmente mezclado con lechada de cemento; se llevó a cabo mediante un software de elementos finitos. Este trabajo se realizó para estimar la distorsión mínima de tierra durante la ejecución del proyecto en el centro histórico. El valor numérico obtenido se compara con los datos de monitoreo y no debe ser inferior a 3 mm. Además, los valores de asentamiento previstos debido a las actividades de excavación se comparan con las mediciones reales de campo con respecto a una distancia despreciable (inferior a 2,0 m) entre el edificio existente y la nueva estructura. Los asentamientos tecnológicos medidos y previstos se aproximaron, validando la elección del espaciamiento de las columnas de hormigón para reforzar las bases de la franja del bloque A. Por lo tanto, tiene sentido considerar el valor mínimo probable de asentamientos tecnológicos en tales proyectos.

Marco jurídico

A continuación se presentan las leyes Nacionales y Municipales aplicables en la adecuación de edificaciones que representan algún interés histórico.

Ley 397 de 1997

Por la cual se desarrollan los artículos 70, 71 y 72 y demás artículos concordantes de la Constitución Política y se dictan normas sobre patrimonio cultural, fomentos y estímulos a la cultura, se crea el Ministerio de la Cultura y se trasladan algunas dependencias. (Colombia & Acevedo, 2000)

Artículo 4. Definición de patrimonio cultural de la Nación. El patrimonio cultural de la Nación está constituido por todos los bienes y valores culturales que son expresión de la nacionalidad colombiana, tales como la tradición, las costumbres y los hábitos, así como el conjunto de bienes inmateriales y materiales, muebles e inmuebles, que poseen un especial interés histórico, artístico, estético, plástico, arquitectónico, urbano, arqueológico, ambiental, ecológico, lingüístico, sonoro, musical, audiovisual, fílmico, científico, testimonial, documental, literario, bibliográfico, museológico, antropológico y las manifestaciones, los productos y las representaciones de la cultura popular.

Las disposiciones de esta ley son aplicadas a los bienes que son parte del Patrimonio Cultural de la Nación, pertenecientes a las épocas prehispánicas, de la Colonia, la Independencia, la República y la Contemporánea, y están declarados como bienes de interés cultural, conforme a los criterios de valoración determinados por el Ministerio de Cultura.

Artículo 5. Objetivos de la política estatal en relación con el patrimonio cultural de la Nación. La política estatal en lo referente al patrimonio cultural de la Nación, tendrá como objetivos principales la protección, la conservación, la rehabilitación y la divulgación de dicho

patrimonio, con el propósito de que éste sirva de testimonio de la identidad cultural nacional, tanto en el presente como en el futuro.

Artículo 11. Régimen para los bienes de interés cultural. Los Bienes de Interés Cultural públicos y privados estarán sometidos al siguiente régimen:

1. Demolición, desplazamiento y restauración. Ningún bien que haya sido declarado de interés cultural podrá ser demolido, destruido, parcelado o removido, sin la autorización de la autoridad que lo haya declarado como tal.
2. Intervención. Entiéndase por intervención todo acto que cause cambios al bien de interés cultural o que afecte el estado del mismo.

Acuerdo 0232 de 2007

Plan Especial de Protección del Patrimonio Urbano - Arquitectónico para el Municipio de Santiago de Cali. (Municipio de Santiago de Cali, 2007)

De este Acuerdo, se desprende la asignación del nivel de conservación para el inmueble, definido como Conservación tipo 2, correspondiente al criterio de Conservación tipológica y exterior (Artículo 18), que se define así:

“La conservación tipo 2 se dirige a edificaciones de distintas arquitecturas y épocas que desde el punto de vista organizativo, estilístico, espacial y volumétrico, son testimonio destacado de la evolución arquitectónica en la ciudad y el territorio del municipio y que por sus valores arquitectónicos, su implantación en la estructura urbana y las posibilidades de su puesta en buen uso deben ser protegidos, controlando las actuaciones que sobre ellos se hagan y evitando su desaparición, deformación notable o sustitución. En estas obras se debe conservar su tipo arquitectónico y su condición exterior, aunque se permiten modificaciones internas menores,

dirigidas a actualizar la edificación a formas de vida y uso contemporáneos. En este grado de conservación arquitectónica deben mantenerse los elementos de la fachada original, su volumetría y organización espacial general, así como el tratamiento de las áreas exteriores de dominio público como jardines, antejardines, huertas, potreros, etc., con sus elementos complementarios como muros y rejas en el área urbana y vallados, tapias y portales, en las ubicadas en área rural”.

Se permiten para este nivel de conservación, los siguientes tipos de intervención: Rehabilitación, Restauración de partes y elementos, Consolidación arquitectónica, Consolidación estructural, Adecuación funcional, Liberación, Subdivisión, Ampliación y Mantenimiento y reparaciones locativas.

Las intervenciones que se realicen al interior de las edificaciones protegidas con grado de conservación Tipo 2, podrán adecuarse constructivamente a nuevos usos, pero respetando totalmente los patrones formales y las características volumétricas y espaciales de la edificación original.

En el Artículo 22. Lista de bienes de interés cultural inmueble de conservación Tipo 2 en Santiago de Cali, se incluye el Colegio de la Sagrada Familia, ubicado en el barrio El Peñón en la Calle 3 oeste N° 3-20.

Estado del arte

Durante los últimos años han incrementado las renovaciones y restauraciones de edificios antiguos, lo que ha llevado a probar diferentes alternativas para la intervención de las cimentaciones, en las que es fundamental conocer y comprender las características del subsuelo. Es importante destacar que este tipo de trabajos requieren de expertos en los niveles de diseño y ejecución, junto con prácticas de trabajo seguras, debido a la dificultad de este tipo de obras y especialmente al riesgo que representan para los edificios intervenidos y las edificaciones que lo rodean.

La construcción de sótanos bajo edificios existentes se ha hecho necesaria en las últimas décadas alrededor del mundo, para destinarlos principalmente a estacionamientos. Estas obras implican en muchos casos, excavaciones con cortes verticales de gran altura que requieren apuntalamiento y soporte de las estructuras existentes.

Por otra parte, los edificios existentes, como construcciones históricas, a veces experimentan asentamientos excesivos bajo su carga de diseño o se enfrentan a la probabilidad de asentamiento excesivo en el futuro si se requiere un cambio de uso del edificio lo que puede llevar al aumento de carga de base.

En los casos en que ha sido necesaria alguna intervención de este tipo, se ha recurrido a diferentes prácticas y metodologías, como las que se describen a continuación.

Submuración: Definición y usos.

Submuración es la instalación de apoyo temporal o permanente a una cimentación existente para proporcionar profundidad adicional o un aumento en la capacidad de carga. El trabajo supone excavar por debajo del cimiento, con riesgo de afectación de la estructura, y luego

ejecutar una nueva base inferior. Este tipo de procedimientos se presentan, principalmente, en la ejecución de sótanos en edificios existentes, sótanos nuevos en cercanías a otras edificaciones, etc. En ocasiones, puede requerir apuntalamiento, como un trabajo previo al descalce y puede hacerse por varios métodos, tales como cajones de concreto reforzado, pilotes, mampostería, entre otros.



Figura 11. Submuración en el Museo Legión de honor, San Francisco, California.

Tomado de: Nemati, K. M. (2007). Temporary Structures. Shoring, scaffolding, and underpinning. (Department of Construction Management, Ed.) University of Washington.

El apuntalamiento puede requerirse por diferentes razones y necesidades como:

- Construcción de un nuevo proyecto con una cimentación más profunda adyacente a un edificio existente.
- Asentamiento de una estructura existente.
- Cambio en el uso de una estructura.
- Adición de un sótano debajo de una estructura existente.

- Aumento de las dimensiones de una base para permitir cargas mayores, debido por ejemplo, al aumento de la altura de un edificio con nuevos niveles.

El personal que lleva a cabo estas operaciones debe ser altamente calificado. Además, los métodos de submuración utilizados implican una gran cantidad de trabajo manual pesado. Por eso, la mejora y el desarrollo de técnicas de submuración han estado evolucionando rápidamente.

Los medios y métodos de apoyo a una fundación de una estructura dependen de muchos factores, incluyendo los siguientes:

- Cargas de la base: estático y dinámico, permanente y temporal.
- Estado de las fundaciones existentes.
- Tipo y magnitud de los movimientos permitidos, es decir, deformaciones estructurales.
- Condiciones del subsuelo.
- Condiciones del agua presente en el subsuelo.
- Condición de la estructura.
- El acceso y la movilidad de las bases.
- Potencial de los peligros ambientales.
- Carga sísmica.

La implementación de cada método de submuración depende de condiciones específicas del suelo y de carga. En algunos casos, la factibilidad de construcción de dicho método puede determinar el mejor sistema a ser utilizado en un proyecto.

Estudios previos y proceso de trabajo.

Antes de emprender cualquier programa de apuntalamiento ya sea en relación con las operaciones de construcción adyacentes, o para evitar un mayor asentamiento como consecuencia de hundimiento del suelo o la sobrecarga de la cimentación, es importante llevar a cabo una investigación cuidadosa del suelo por medio de ensayos de campo y ensayos de laboratorio en muestras de suelo para determinar las condiciones para las nuevas fundaciones.

Si el apuntalamiento es necesario para detener los asentamientos, es esencial que las bases apuntaladas sean trasladadas a suelo rígido debajo de la zona de subsidencia. La base del apuntalamiento debe ser llevada a un estrato más profundo y de menor compresibilidad, si es necesario por pilas o pilotes.

Si la estructura que debe cimentarse está cerca de los bordes de la excavación, a menudo es conveniente combinar el apuntalamiento con los apoyos a la excavación. La carga del edificio se puede transferir a la parte superior de los pilotes. Como alternativa, se puede utilizar un sistema de pilotes poco espaciados.

Métodos de submuración.***Apuntalamiento o submuración con foso convencional***

El método de apuntalamiento o submuración con foso convencional se ha utilizado durante siglos. Este método consiste en la ampliación y/o profundización de las cimentaciones existentes mediante la eliminación de suelo de debajo de los cimientos y su sustitución con concreto, refuerzo y lechada de cemento.

En algunos casos, la estructura está apuntalada temporalmente para evitar asentamientos, sin embargo, el apuntalamiento a menudo conlleva a las deformaciones moderadas de la estructura y las condiciones de trabajo inseguras. Es por eso que durante las últimas décadas, otros métodos se han venido desarrollando para soportar las estructuras que dan lugar a menores deformaciones y un funcionamiento más rápido, menos costoso y más seguro.

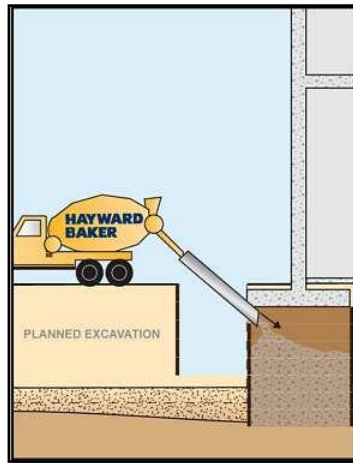


Figura 12. Apuntalamiento con foso convencional.

Tomado de: Hayward Baker Inc. <<http://www.haywardbaker.com/WhatWeDo/Techniques/StructuralSupport/default.aspx>>

Jet Grouting (Inyección con lechada)

Es un método in situ de mejoramiento del suelo llevado a cabo por debajo de los cimientos. A menudo también sirve como soporte de la excavación y como sistema de control de las aguas subterráneas.

La inyección a alta velocidad de los fluidos, a menudo encerrados en aire, erosiona los suelos y reemplaza el suelo con lechada de cemento, formando un producto cementante conocido como suelo-cemento que es capaz de alcanzar resistencias a la compresión no confinada en exceso de 1000 psi. Se construyen grupos de columnas de suelo-cemento para transferir cargas de cimentación al estrato subyacente de suelo mejorado.

Esta tecnología requiere un equipo especializado y el “know how” para construir las columnas de suelo-cemento. El equipo para realizar las columnas de suelo cemento se coloca por encima de la cimentación existente, y su secuencia produce poca o ninguna deformación estructural. De hecho, es el sistema más utilizado para mejorar el suelo de cimentación de estructuras históricas y sensibles.

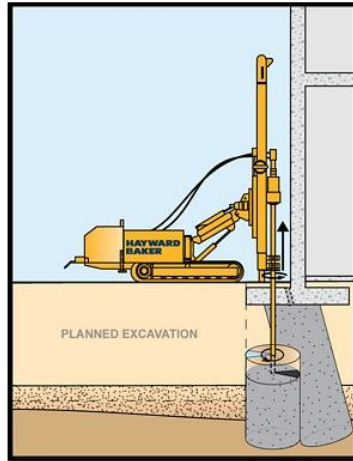


Figura 13. Proceso Jet grouting

Tomado de: Hayward Baker Inc. <<http://www.haywardbaker.com/WhatWeDo/Techniques/StructuralSupport/default.aspx>>

Lechada de compactación

La lechada de compactación puede ser, o bien un sistema de tratamiento de suelo o una combinación de tratamiento del suelo y de transferencia de carga. El suelo en estado suelto o blando se puede densificar mediante la inyección de una lechada viscosa (arena-cemento) en estas zonas de suelo. La lechada de compactación utiliza el desplazamiento de las partículas de suelo para incrementar la rigidez del mismo. Con el esfuerzo de confinamiento adecuado y tasas de inyección lenta, la baja movilidad de la lechada desplazará las partículas de suelo en un arreglo más denso aumentando su capacidad de carga y reduciendo su compresibilidad.

Dependiendo de la ubicación, la disposición de la inyección y la calidad del curado de la lechada de compactación, el elemento conformado por la lechada se puede utilizar como un mecanismo de transferencia de carga, así como un sistema que incrementa la rigidez del suelo.

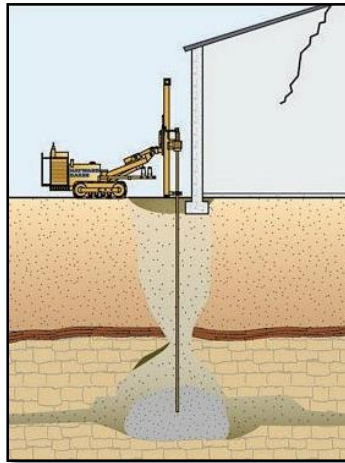


Figura 14. Compactación con lechada

Tomado de: Hayward Baker Inc. <<http://www.haywardbaker.com/WhatWeDo/Techniques/StructuralSupport/default.aspx>>

Micropilotes

Este tipo de apuntalamiento se utiliza para estabilizar o mejorar una cimentación existente mediante la instalación de micropilotes a través de los agujeros pre- perforados determinados por características de carga.

Los micropilotes se describen como pilotes de diámetro pequeño que se puede instalar en casi cualquier tipo de suelo y que pueden transmitir cargas verticales de hasta 500 toneladas.

Estos micropilotes son de acero reforzado colocado en un agujero de diámetro pequeño y reducido a cenizas por las inyecciones de lechada de cemento que fluyen bajo una presión relativamente alta.

Algunas ventajas de los micropilotes son alta capacidad de carga, poca restricción del sitio de instalación, bajo nivel de ruido y la vibración y funcionamiento auto-sostenido. Además,

una ventaja importante cuando se utiliza micropilotes de apuntalamiento es que el sistema puede ser diseñado para tener asentamientos muy bajos. Para estos pilotes es común desarrollar asentamientos en el orden de unos pocos milímetros o menos bajo cargas de trabajo. La única desventaja de micropilotes es el costo relativamente más alto en comparación con otros sistemas de apuntalamiento. Existen diferentes tipos de micropilotes y diferentes sistemas dependiendo las características del proyecto, y la selección del tipo de micropilote tiene una influencia directa en el precio final de la obra.

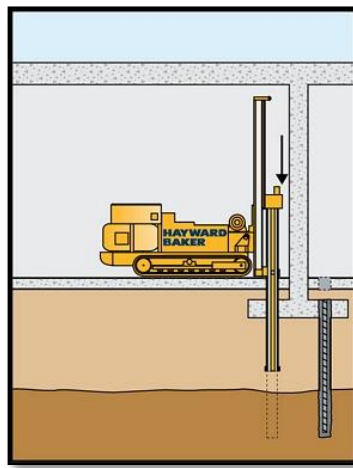


Figura 15. Micropilotes

Tomado de: Hayward Baker Inc. <<http://www.haywardbaker.com/WhatWeDo/Techniques/StructuralSupport/default.aspx>>

Apoyo temporales con gatos mecánicos o hidráulicos

Las estructuras ligeras (por ejemplo, pórticos de madera) que caen dentro de la línea de influencia de excavaciones adyacentes y que no justifican el gasto de la instalación de un apuntalamiento, pueden estar soportadas sobre madera o esteras de hormigón.

Si se produce un asentamiento, la estructura se mantendrá en el mismo nivel por medio de gatos mecánicos o hidráulicos. (Nemati, 2007, pág. 12)

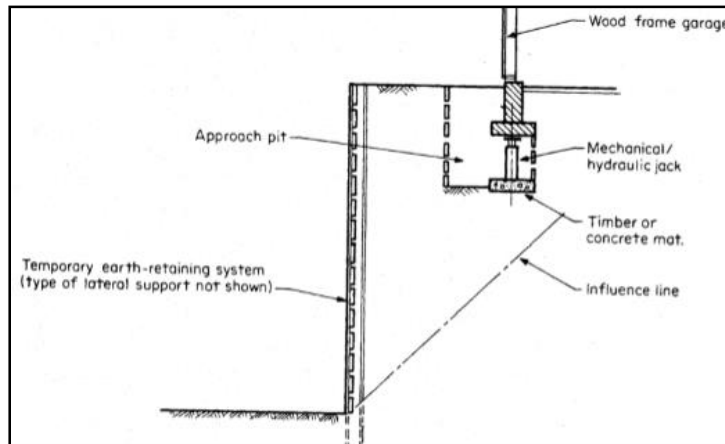


Figura 16. Apoyos temporales con gatos mecánicos o hidráulicos.

Tomado de: Nemati, K. M. (2007). Temporary Structures. Shoring, scaffolding, and underpinning . (Department of Construction Management, Ed.) University of Washington.

Al terminar el trabajo en el lote adyacente, los gatos se reemplazan con columnas de acero cortas, y el hueco se llena de hormigón. A continuación se describen los pasos necesarios para este procedimiento.

Paso 1: Apuntalar la construcción existente, excavar el foso de enfoque, y exponer las pilas de madera existentes. Retirar la parte superior de las pilas y corte las pilas en la nueva elevación de corte. (Ver Figura 17)

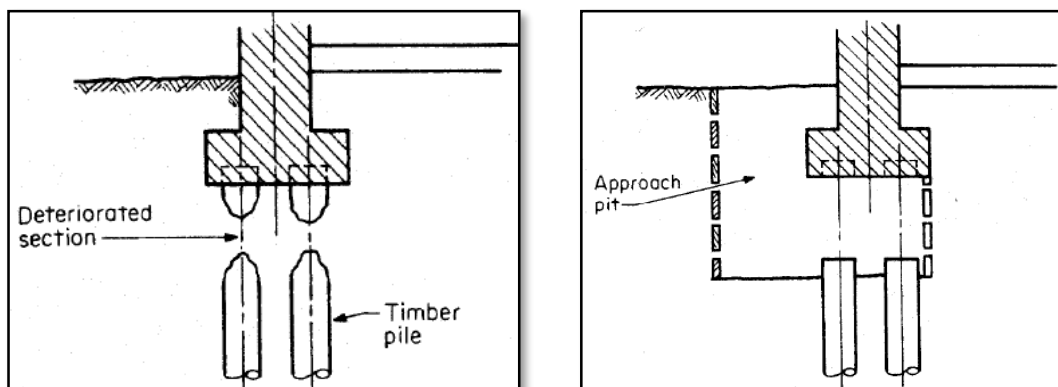


Figura 17. Fundamento de pilotes de madera (paso 1).

Tomado de: Nemati, K. M. (2007). Temporary Structures. Shoring, scaffolding, and underpinning . (Department of Construction Management, Ed.) University of Washington.

Paso 2: Instalar las planchas de acero, el mortero y el puntal. Transferencia de carga en la pila por medio de cuñas de acero (Ver Figura 18)

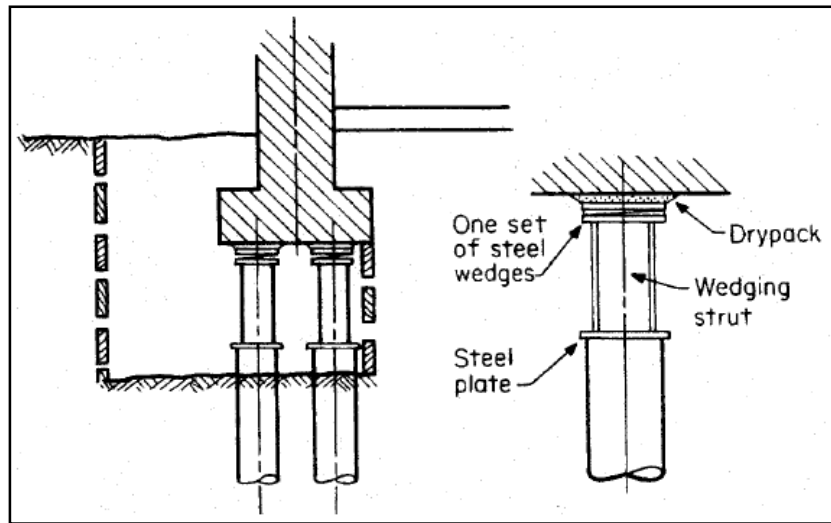


Figura 18. Fundamento de pilotes de madera (paso 2).

Tomado de: Nemat, K. M. (2007). Temporary Structures. Shoring, scaffolding, and underpinning . (Department of Construction Management, Ed.) University of Washington.

Paso 3: Finalmente se realiza la colocación de cajas de hormigón y pozo de relleno. (Ver Figura 19)

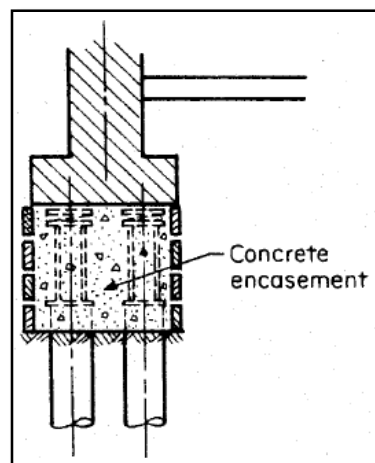


Figura 19. Fundamento de pilotes de madera (paso 3).

Tomado de: Nemat, K. M. (2007). Temporary Structures. Shoring, scaffolding, and underpinning . (Department of Construction Management, Ed.) University of Washington.

Pilas de soporte

Cuando ambas estructuras existentes y futuras pertenecen al mismo propietario, el uso de pilas de soporte es muy económico (la mayoría de los códigos de construcción municipales no permiten que un edificio sea apoyado en la fundación que se encuentra en la propiedad de otra persona). Las pilas de soporte de acero se accionan o se colocan adyacentes a la futura estructura en agujeros pre-excavados que luego se rellenan con una mezcla de arena-cemento magra. La carga se transfiere de la estructura a la pila a través de un soporte de acero soldado al lado de la pila. Se instala una combinación de placas de acero, cuñas y paquete seco para asegurar un ajuste entre la estructura y el soporte, como se muestra en la Figura 20.

Este tipo de apoyo se puede utilizar para estructuras de hasta dos pisos de altura, dependiendo del peso del edificio y la calidad del material en la subrasante o la nueva estructura. La separación de las pilas depende de la distribución de la carga en la estructura existente. El espaciamiento máximo no debe exceder 8 pies. (Nemati, 2007, pág. 14)

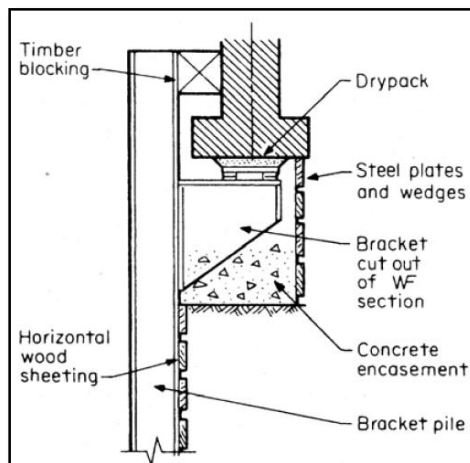


Figura 20. Detalle de la pila de soporte.

Tomado de: Nemati, K. M. (2007). Temporary Structures. Shoring, scaffolding, and underpinning . (Department of Construction Management, Ed.) University of Washington.

Desarrollo del tema

El Colegio de La Sagrada Familia tuvo un papel muy importante en la formación y evolución de la ciudad y su sociedad, fue testigo de la urbanización de la rivera del Río Cali y para gran parte de los ciudadanos, es uno de los edificios históricos en mejores condiciones. Dicha institución estuvo en funcionamiento en este edificio por más de cien años finalizando en 2007. Posteriormente, en 2013 inició su transformación en la Plataforma Hotelera de La Sagrada Familia, la cual nació como un proyecto de restauración y reconstrucción, que busca mantener su arquitectura y demás elementos que forman el conjunto.

Durante el desarrollo de actividades previas a la intervención del edificio se realizó el estudio de vulnerabilidad sísmica en el cual se identificaron las diferentes épocas de construcción, los sistemas constructivos y materiales utilizados. Como resultado de este estudio el edificio original fue subdividido en 6 edificios claramente diferenciados por la época en que fueron construidos. Esta subdivisión implicó estudiar cada uno de los edificios de manera individual y diseñar el reforzamiento estructural dependiendo de las condiciones específicas. Lo anterior llevó a plantear diferentes sistemas estructurales que afectaron de una u otra manera y en mayor o menor grado la arquitectura de cada edificio.

De acuerdo con el Estudio de vulnerabilidad sísmica para el Hotel La Sagrada Familia, (2012), el edificio principal mostrado en la Figura 21, inició su construcción en 1920 con un tramo frente a la plazoleta del parque El Peñón (Edificio 2) y dos pequeños brazos (Edificio 1 y parte del edificio 2), desarrollados en dos pisos de altura. Posteriormente entre 1926 y 1936 se extendieron los dos extremos y se adicionó la capilla (Edificio 3). El denominado Edificio 5 fue construido en 1940 y en 1951 se construyó el edificio 4. Finalmente, el edificio que hoy se conoce tuvo la última gran modificación entre 1945 y 1968 adicionando el tercer piso para los

edificios 1 y 2. Debido a las diferentes corrientes constructivas, los materiales y sistemas constructivos cambiaron en la medida de las ampliaciones, por lo que se encuentran sistemas estructurales diferentes que van desde muros de adobe hasta pórticos planos en concreto. Este edificio tiene una gran rigidez en primer y segundo piso, pero carece de ductilidad y resistencia para soportar el sismo de diseño del Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10, presentando un alto grado de vulnerabilidad sísmica por lo cual se recomendó su reforzamiento estructural.

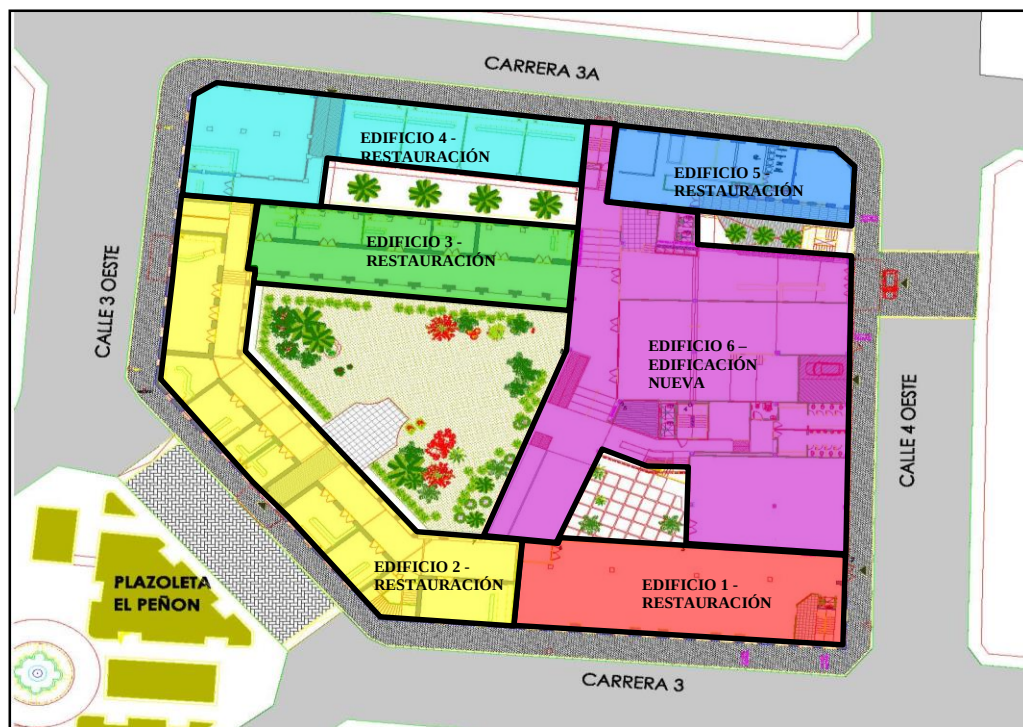


Figura 21. Distribución de Edificios Hotel La Sagrada Familia.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

La re-estructuración del edificio y el cambio de uso llevaron a la necesidad de construir un sótano bajo el edificio 1.

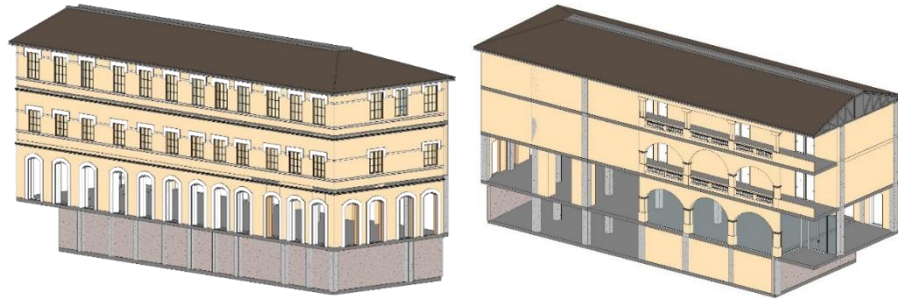


Figura 22. Edificio 1 del Hotel La Sagrada Familia

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Se encontró que el edificio estaba soportado en zapatas excéntricas totalmente aisladas sin vigas de amarre al realizar la exploración de la cimentación existente. Las zapatas consistían en bloques de concreto ciclópeo cuyas dimensiones variaban entre 0.80 m a 1.40 m de ancho, 1.40 m a 1.90 m de largo y 1.80 m a 2.20 m de alto, con profundidad de desplante de 2.5 m a 3.0 m aproximadamente medida desde el nivel de piso actual.



Imagen 2. Exploración de cimentación existente.

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto Hotel La Sagrada Familia

La intervención incluyó la construcción de un muro de contención perimetral al interior del edificio desde el nivel de piso 1 hacia sótano 1, reforzamiento de la cimentación del eje intermedio y construcción de la cimentación y pórticos del eje restante.

Las paredes de los caissons temporales serían demolidas una vez terminara la fundición de las pantallas, a excepción de los caissons que coincidían con las columnas a reforzar (ver Figura 24).

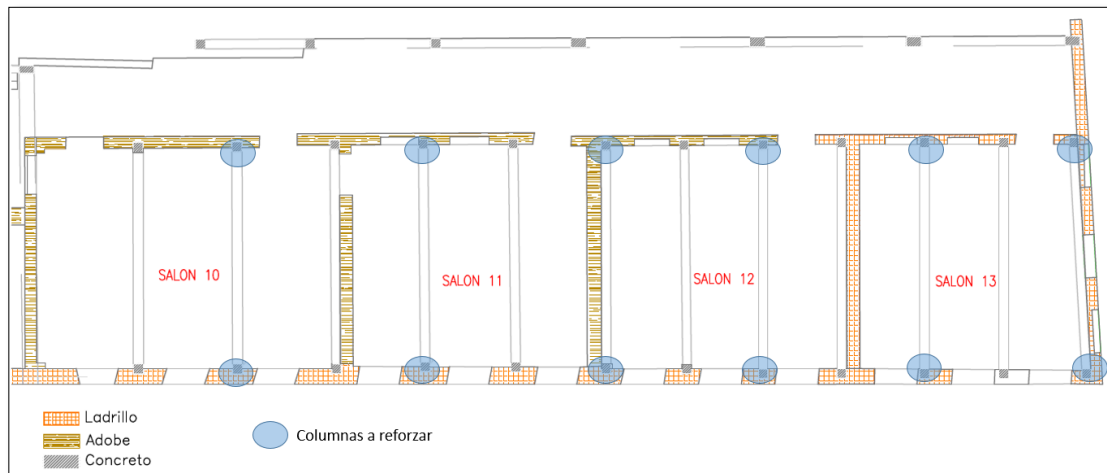


Figura 24. Planta primer piso – Edificio existente

Tomado de: Estudio de vulnerabilidad sísmica Hotel La Sagrada Familia

Para el eje intermedio (eje B), por cada columna se requería la construcción de dos caissons con un cabezal que los conectara, los cuales temporalmente conformarían la estructura de soporte del edificio, mientras se realizaba el reforzamiento de las columnas del eje B.

Finalmente, en el eje A se construirían caissons semicirculares y columnas nuevas.

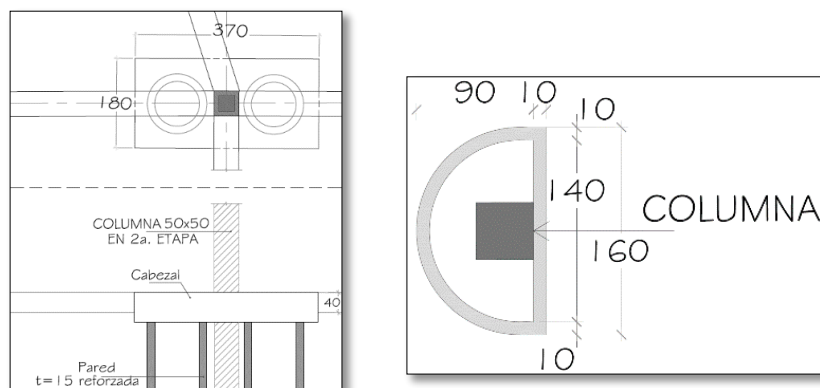


Figura 25. Cabezal eje B y columna eje A.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

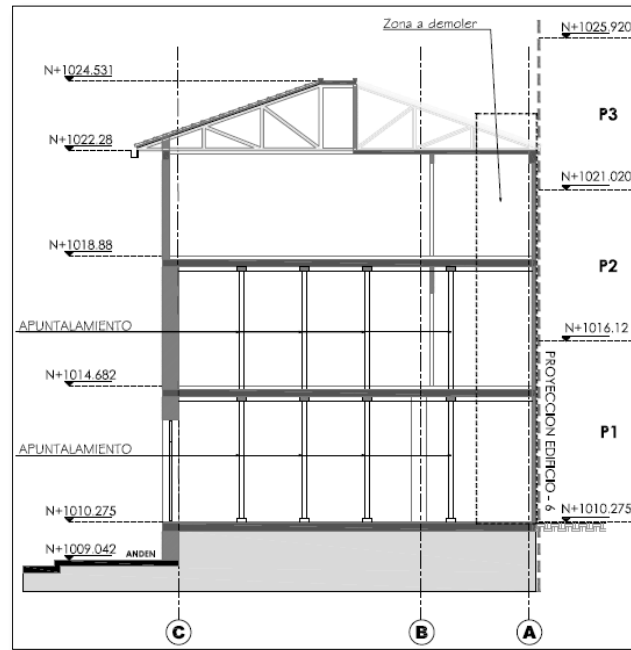
Procedimiento constructivo

Figura 26. Actividades preliminares – Alternativa 1.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Paso 1. Como actividades preliminares se establecieron las siguientes:

- Apuntalar las losas en toda la altura del edificio.
- Demoler los muros interiores de los pisos 2 y 3 con el fin de disminuir las cargas existentes en el edificio.
- Demoler parcialmente las losas entre ejes A y B, así como las columnas existentes en el eje A.

Paso 2. Excavar los caissons desde nivel de piso 1.

Los caissons constructivos localizados en el perímetro del edificio son los elementos temporales de forma semicircular, cuyo fin es proteger las excavaciones que permitirían albergar

la construcción del muro de contención del sótano por tramos cortos (2.0 m aprox.), así como la demolición de las zapatas pre-existentes y la construcción de la nueva cimentación de las columnas de fachada.

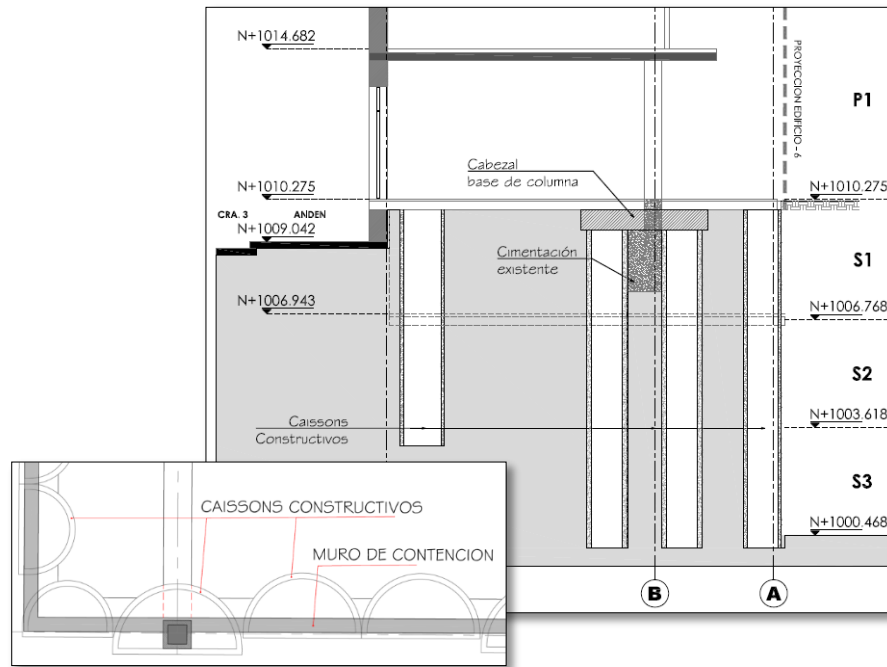


Figura 27. Excavación de caissons desde nivel de piso 1.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

La construcción de estos caissons debía realizarse en anillos con tramos de 1 m de profundidad y de forma alternada para no alterar la estabilidad de la estructura. Tal como se muestra en la Figura 28, primero se realizarían los anillos marcados con color rojo y posteriormente, los anillos marcados con azul. De manera simultánea, se realizaría la fundición de los tramos del muro de contención al interior de los semicaissons.

Los caissons circulares del eje B (anillos), los cuales consisten en anillos de 1m de profundidad con su respectivo refuerzo, tienen como función principal brindar soporte al edificio

durante el proceso de reforzamiento estructural, y adicionalmente, brindar protección durante las actividades de excavación de los caissons definitivos. (Ver Figura 29)

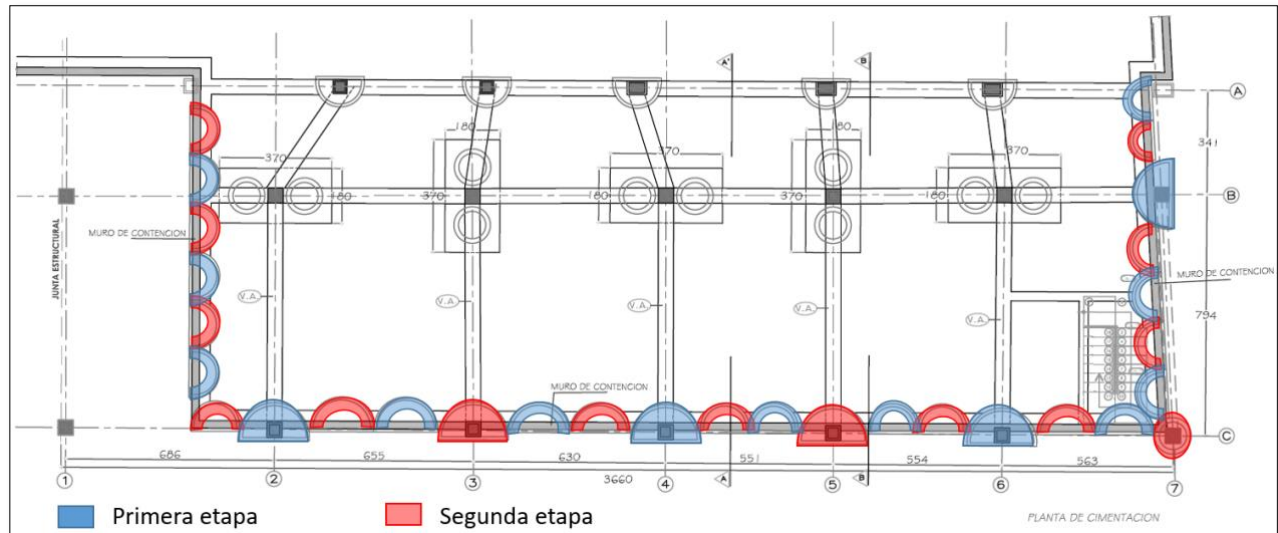


Figura 28. Esquema orden de excavación de semicaissons.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

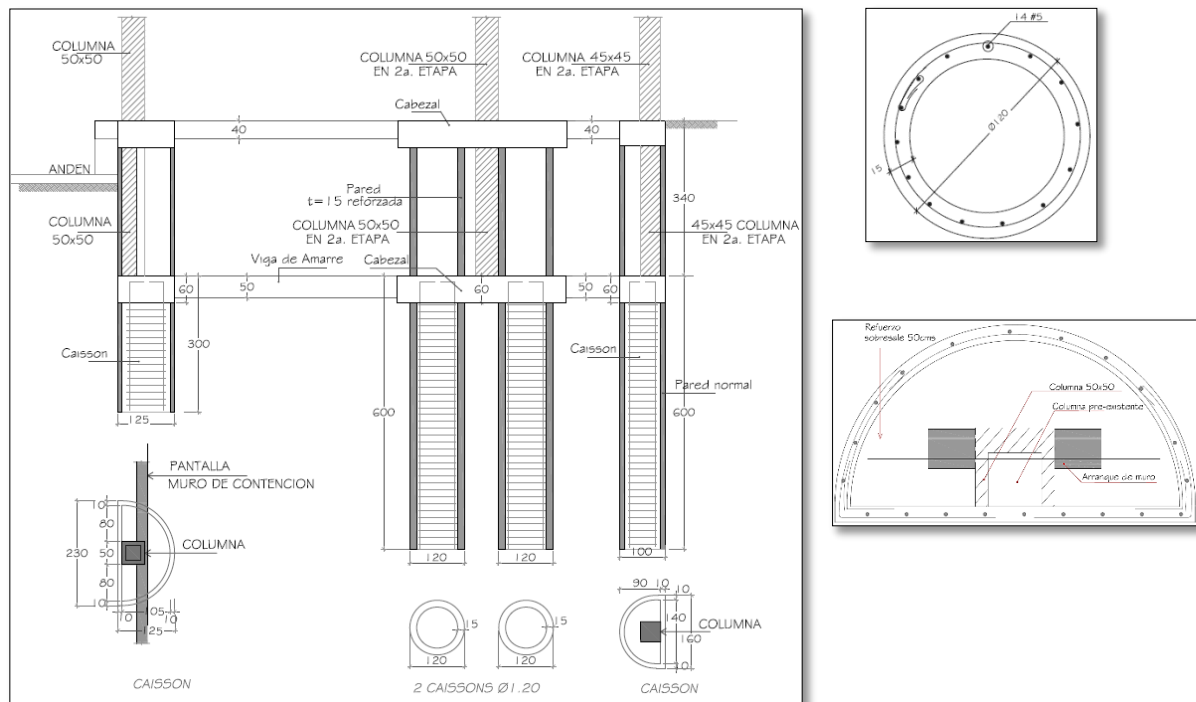


Figura 29. Esquema de cimentación Alternativa 1.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Al mismo tiempo se debía realizar la excavación para caissons en el eje A para la cimentación de las nuevas columnas.

Paso 3. Fundir los caissons definitivos (6 m) hasta nivel del sótano, después de construir los anillos hasta la profundidad requerida (9 m), se procedería a. Luego, se procedería con la construcción de los cabezales que unen cada par de caissons. Estos elementos transmitirían la carga de la edificación a los caissons.

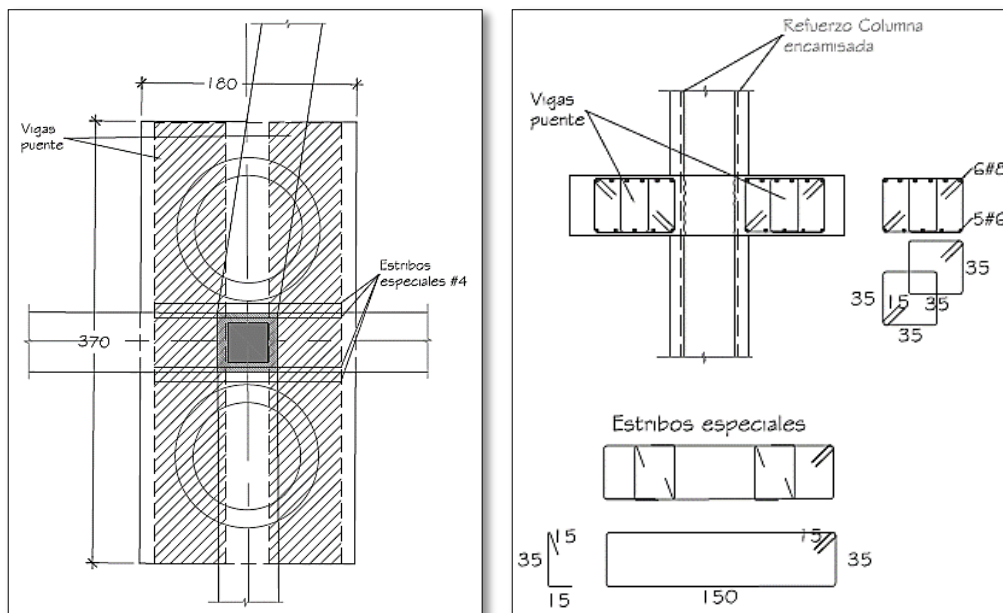


Figura 30. Detalle de cabezales eje B

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Posteriormente, con el fin de contar con la estructura completa para soporte del edificio, se fundiría la losa de primer piso (Ver Figura 31).

Paso 4. Retirar el terreno bajo la losa de primer piso ingresando por la excavación del edificio vecino, una vez el edificio se encuentra estabilizado.

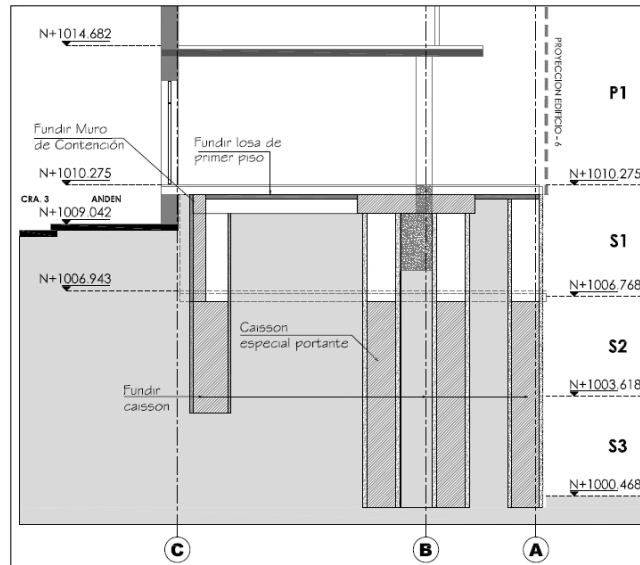


Figura 31. Sección Paso No. 3 Alternativa 1 –Caissons y losa de primer piso.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Para la construcción de las columnas a nivel de sótano, primero se debía construir los cabezales inferiores que conectarán cada par de caissons definitivos. Al mismo tiempo se debían construir las vigas de amarre (Ver Figura 32).

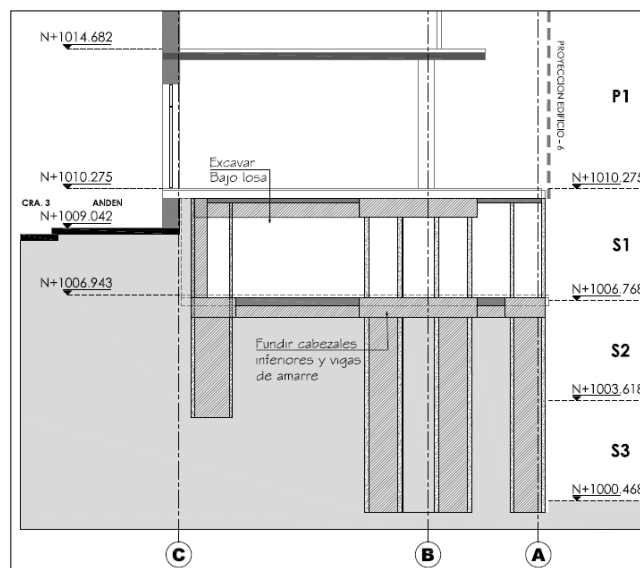


Figura 32. Sección Paso No. 4 Alternativa 1 – Fundición de cabezales inferiores.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Paso 5. Fundir las columnas que conformarían el eje B al completar la cimentación del edificio se procedería, es decir, fundir las columnas entre los cabezales inferiores y superiores.

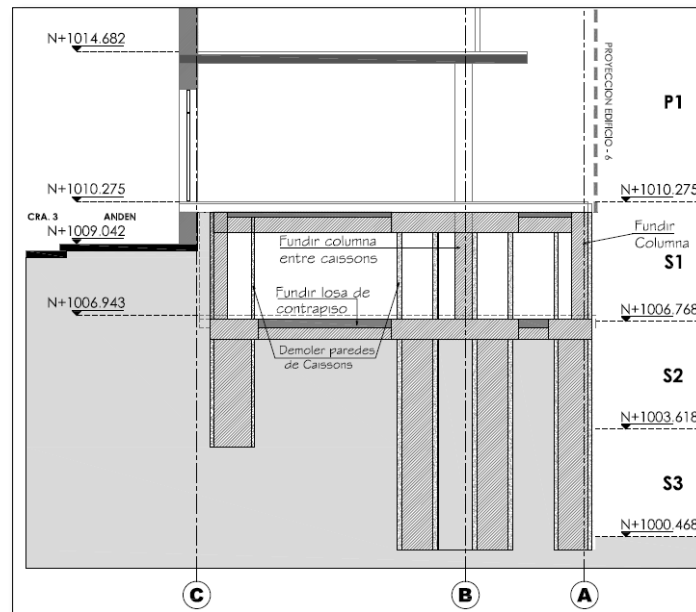


Figura 33. Sección Paso No. 5 Alternativa 1 – Demolición de anillos.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Luego, se procedería a demoler las paredes de los caissons que han quedado expuestos en el sótano. Finalmente, se fundiría la losa de contrapiso.

Una vez se ha terminado el paso 5, podría disponerse el espacio para uso y se continuaría con el reforzamiento estructural de columnas y vigas de los pisos superiores, así como la nueva estructura del eje A.

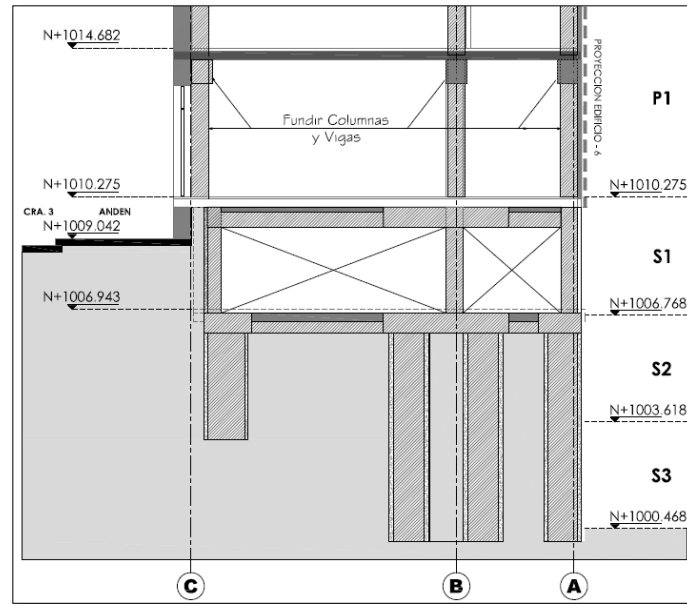


Figura 34. Sección Final Alternativa 1 –Columnas y vigas pisos superiores.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Área disponible para uso: 336.44 m²

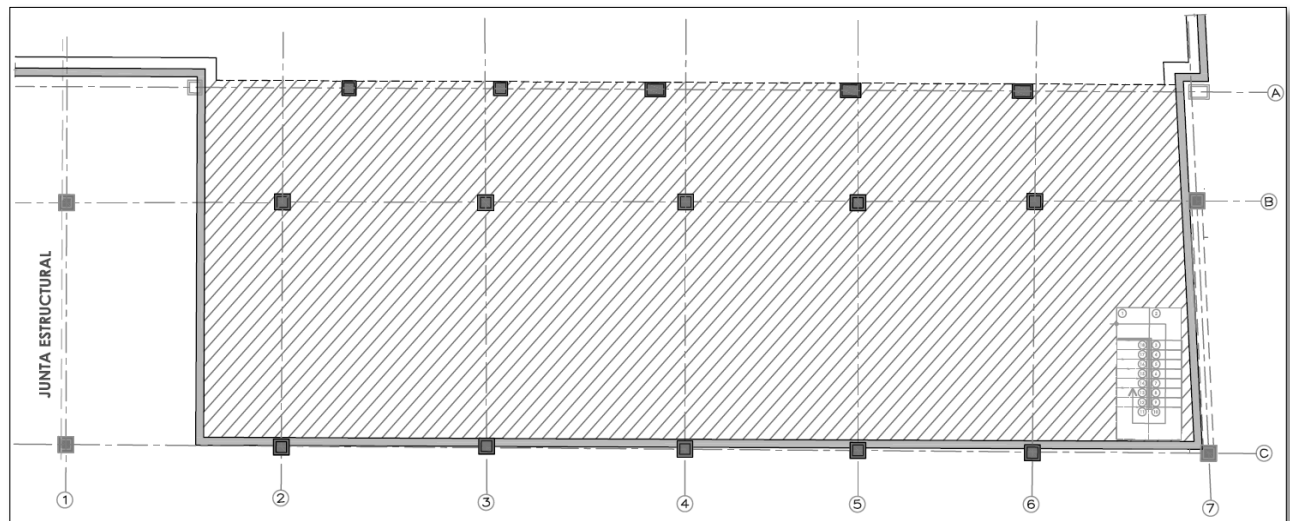


Figura 35. Planta de sótano – Espacio disponible para uso

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Tiempo estimado de construcción: 118 días (Ver anexo 1).

Costo estimado: \$ 726.841.939 (Ver anexo 2).

Análisis de alternativa. La intervención y posterior eliminación de la cimentación pre-existente, especialmente la del eje C (fachada), representaba alto riesgo para la estabilidad del edificio. Inicialmente se planteó esta posibilidad para aprovechar la mayor área posible para uso al acercarse al perímetro de la edificación. Sin embargo, puede notarse que el sótano no ocupa la totalidad del área que corresponde al edificio, ya que no se incluye el área entre ejes 1 y 2. Esto último fue modificado para las siguientes alternativas.

El tiempo que tomaba construir el muro de contención y el reforzamiento de las columnas del eje C resultaba excesivo, considerando que no podrían intervenir grandes tramos a la vez.

La construcción y posterior demolición de los elementos temporales que permitirían la construcción del muro de contención representaban un costo elevado en el presupuesto.

Finalmente, con el fin de disminuir los riesgos que representaban la eliminación de las zapatas del eje C, se decidió desplazar el muro de contención en dirección al eje B para mantener el confinamiento de la cimentación existente, por tanto, esta alternativa fue descartada. Las siguientes alternativas consideran esta premisa.

Alternativa 2

Esta alternativa, como ya se mencionó, contempla la conservación de la cimentación pre-existente de los muros de fachada, manteniendo el confinamiento y estabilidad con ayuda del muro de contención el cual fue desplazado hacia el interior del sótano para garantizar esta condición. La propuesta de cimentación de los ejes A y B se mantiene.

La construcción del muro de contención se planteó por tramos mediante trincheras para no afectar la estabilidad de la cimentación pre-existente.

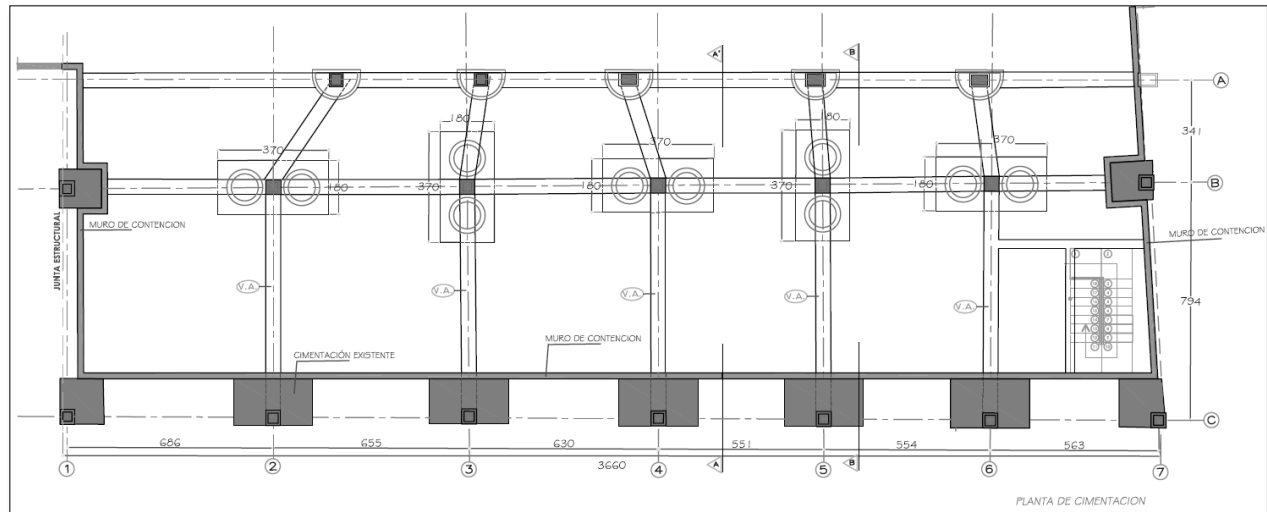


Figura 36. Planta de cimentación Alternativa 2

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Como puede observarse en la Figura 36, el espacio del sótano se extendió hacia el eje 1, conservando la junta estructural con el edificio contiguo. La intención fue compensar la reducción de área con el desplazamiento del muro de contención hacia el interior del sótano.

Procedimiento constructivo

Paso 1. El paso 1 indicado en la alternativa 1 se mantiene.

Paso 2. Construir el muro de contención mediante trincheras.

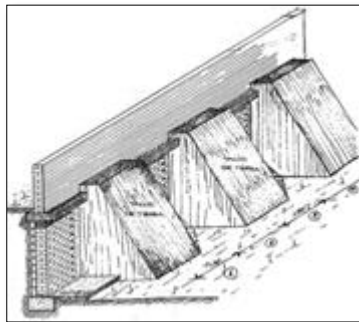


Figura 37. Esquema construcción muro de contención por trincheras.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Se planteó la opción de excavar en varias etapas como lo indica la Figura 38. Primero, debían construirse los tramos señalados con color azul y posteriormente, los tramos señalados con color rojo que corresponden a las zapatas de los ejes a reforzar. Esto, con el fin de evitar pérdida del confinamiento de la cimentación pre-existente. Adicionalmente, se estableció que debía intervenir las zapatas de forma alternada para conservar la estabilidad del edificio, es decir, las zapatas ubicadas en los ejes 2, 4 y 6 se realizarían en la segunda etapa, las zapatas de los ejes 3, 5 y 7, en la etapa siguiente, y para finalizar, se intervendrían las zapatas ubicadas en los laterales del edificio (eje B).

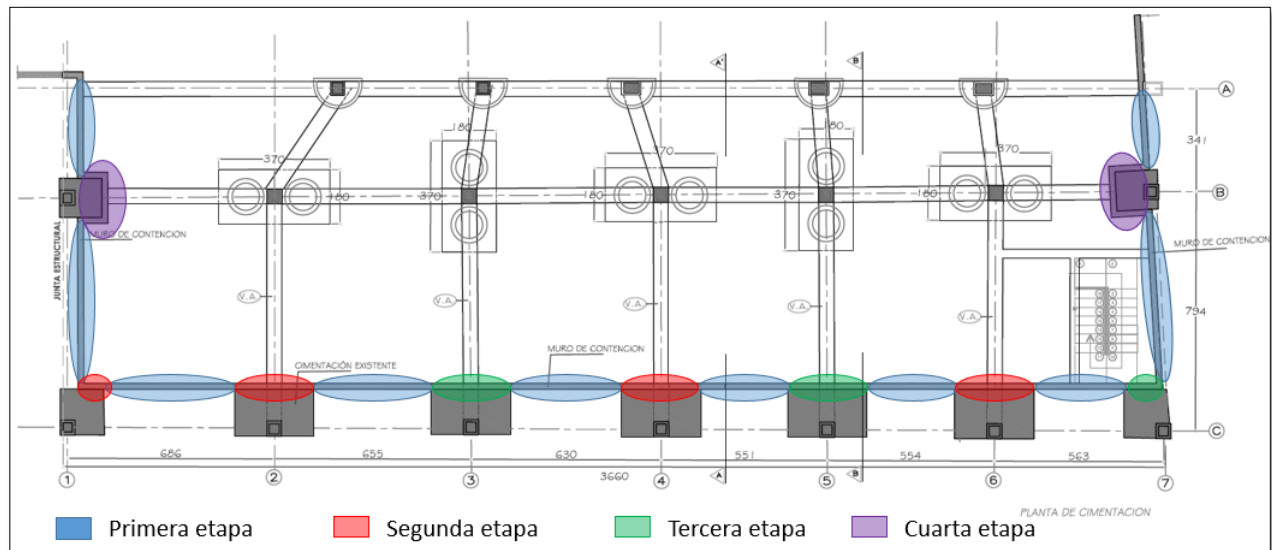


Figura 38. Etapas de construcción muro de contención - Alternativa 2

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

La cimentación de los ejes A y B se mantiene respecto a la alternativa 1. (Ver Figura 39)

Se procedería con las actividades indicadas en los pasos 3, 4 y 5 de la alternativa 1, una vez terminara la fundición del muro de contención en todo el perímetro del edificio.

Análisis de alternativa. La **principal ventaja** de esta alternativa es la estabilidad de los muros de fachada mediante el confinamiento de la cimentación existente. Por otra parte, al ampliar el espacio hacia el eje 1 se compensó el área ocupada por el desplazamiento del muro hacia el interior.

El plazo de ejecución representa una notable disminución respecto a la alternativa 1. Asimismo puede observarse la disminución en el costo de las obras. Por tanto, esta alternativa se considera más adecuada que la anterior.

Alternativa 3

Se planteó la posibilidad de mantener el confinamiento de la cimentación existente en el eje central (eje B), con el fin de afectar lo menos posible la estabilidad del edificio mediante la construcción de pantallas alrededor de las zapatas existentes y reducir al mínimo los riesgos que representaban la intervención a la cimentación.

Las pantallas de confinamiento debían tener una profundidad de 3 m como mínimo por debajo del nivel del futuro sótano; adicionalmente, debía intervenirse un solo eje a la vez, situaciones hicieron inviable esta alternativa debido a la dificultad y al riesgo que representaban para ejecutar las excavaciones.

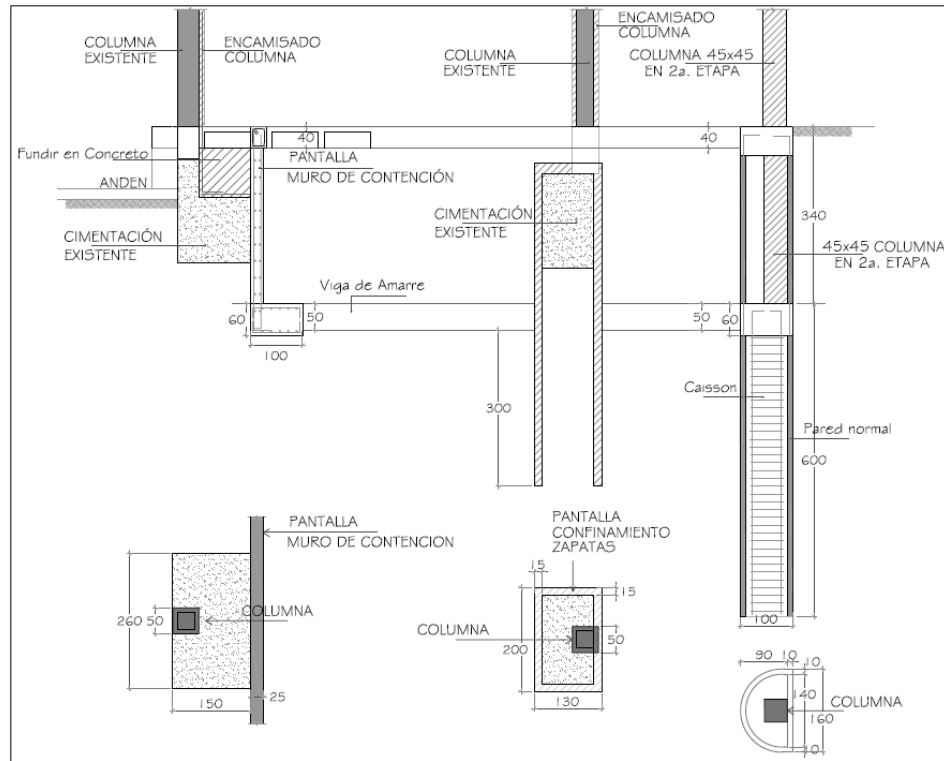


Figura 41. Esquema de cimentación Alternativa 3

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

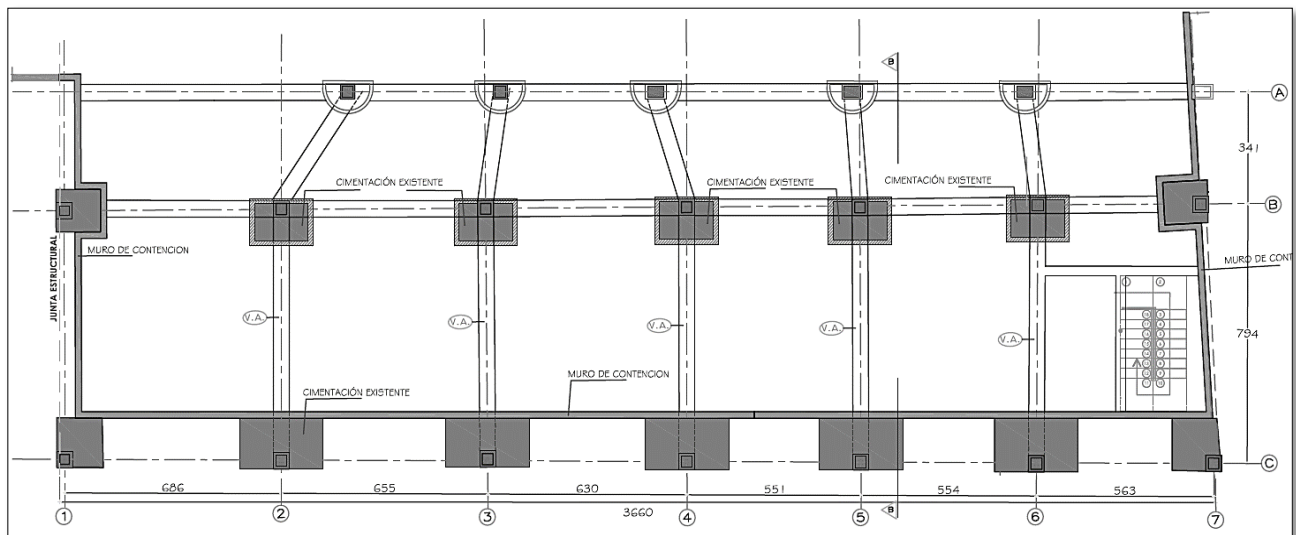


Figura 42. Planta de cimentación Alternativa 3

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Área disponible para uso: 323.25 m² (96.08% del área original)

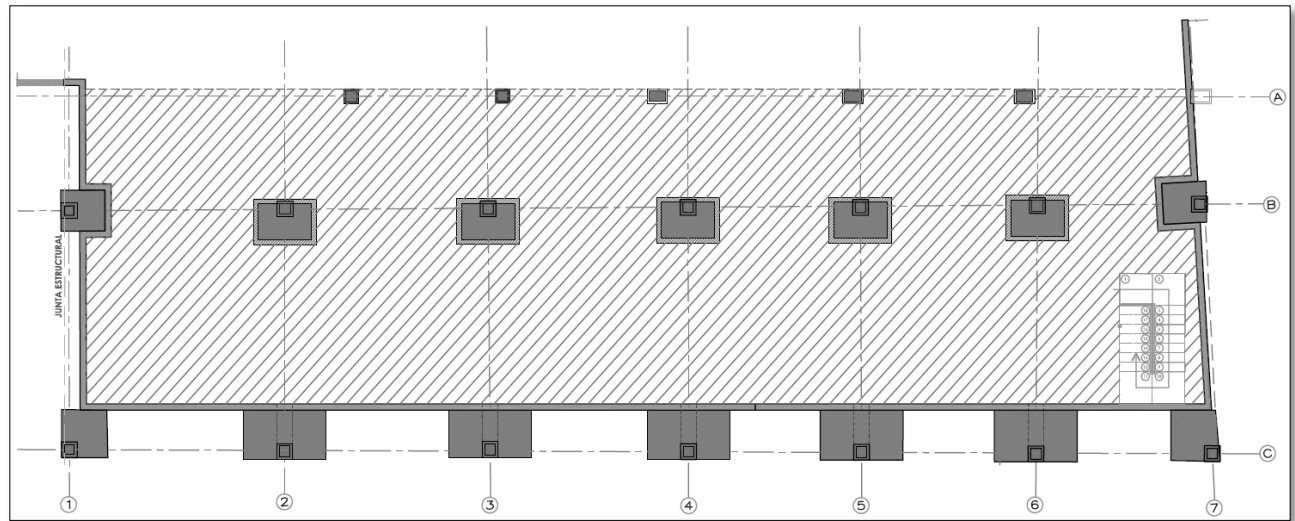


Figura 43. Área disponible para uso Alternativa 3

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

El tiempo de ejecución y el costo no fueron estimados debido a que técnicamente no se consideraba viable.

Análisis de alternativa. Esta alternativa ofrecía como ventaja, la estabilidad de la edificación mediante el confinamiento de la cimentación existente en fachada. Sin embargo, la dificultad y el riesgo para ejecutarlas actividades en el eje B, así como la reducción del área disponible para uso llevaron a descartarla como opción para intervenir la edificación.

Alternativa 4

Debido a una modificación en el planteamiento arquitectónico, fue necesario modificar las dimensiones y localización de las columnas del eje A. Adicionalmente, teniendo en cuenta que la excavación del edificio contiguo ya alcanzaba el nivel de sótano 1, se debía considerar este factor en la siguiente propuesta.

La última alternativa propuesta consiste en una modificación de la alternativa No. 2. Se conserva la metodología planteada para construir el muro de contención del eje C, todos los cabezales del eje B se alinearon con los ejes numerales y se plantearon caissons de 1 m de diámetro con cabezales de 1.10 m x 1.50 m en el eje A. Para este planteamiento, como ya se mencionó, se consideró que la excavación contigua alcanzaba el nivel de sótano 1 para el momento de construcción de la cimentación del eje A, lo que facilitaba el proceso en general, aunque debía mantenerse una distancia de seguridad de 4 m hasta la estructura existente para no comprometer la estabilidad del edificio.

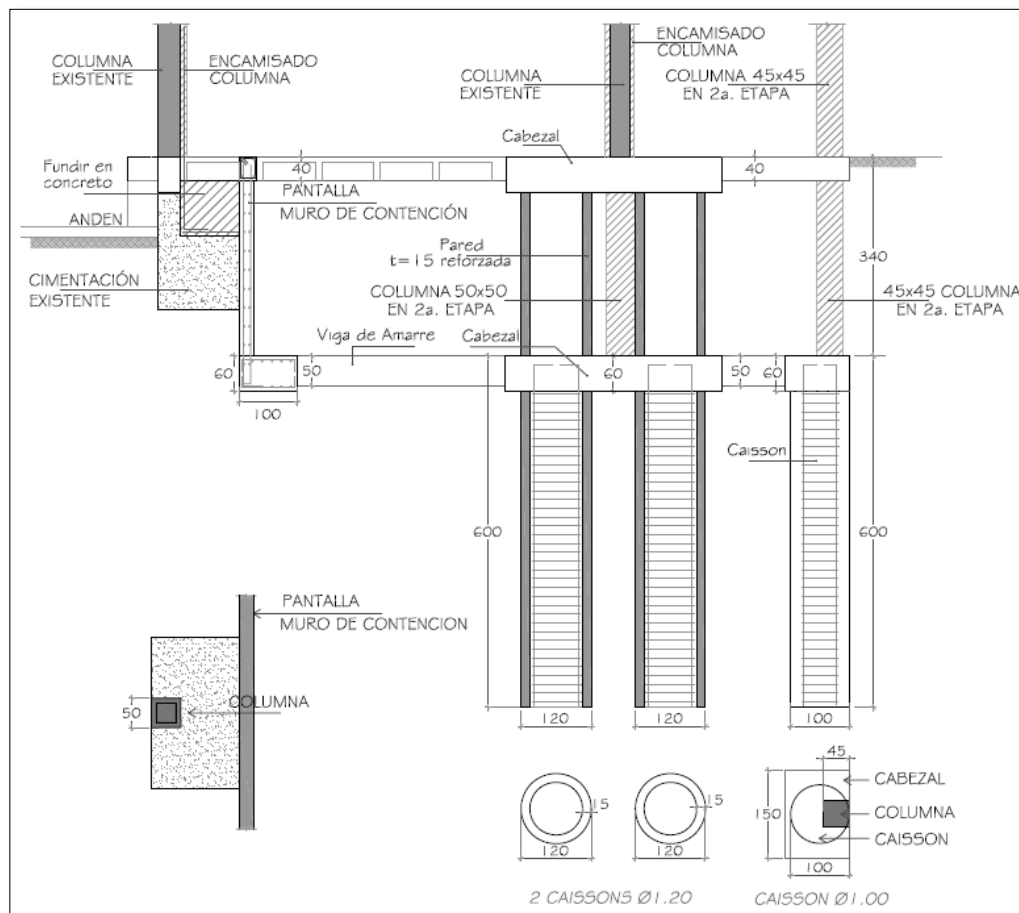


Figura 44. Esquema de cimentación Alternativa 4.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

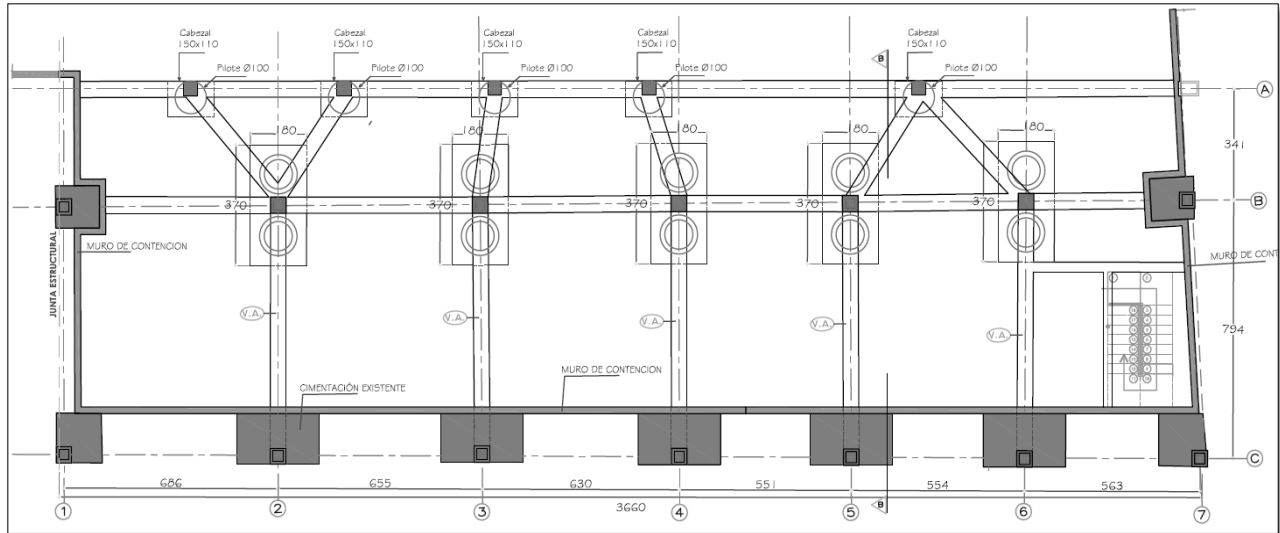


Figura 45. Planta de cimentación Alternativa 4

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Procedimiento constructivo

Paso 1. El primer paso (actividades preliminares) indicado en las alternativas 1 y 2 se mantiene.

Paso 2. Construir el muro de contención mediante trincheras se realizaría como se indicó en el paso 2 de la alternativa 2, así como se mantiene el procedimiento planteado para la construcción de la cimentación del eje B (ver Figura 46).

Las actividades relacionadas con el eje A se realizarían en una etapa posterior, cuando la excavación del sótano el edificio contiguo (edificio 6) alcance el nivel de sótano 1.

Paso 3. Realizar la fundición de los caissons definitivos (6 m) por debajo del nivel del sótano futuro y fundir la losa de primer piso, después de llegar al nivel de cimentación.

Paso 4. Excavar bajo el nivel de la losa del primer piso, una vez finaliza la fundición de la misma. Puede notarse que para este momento, se esperaba que la excavación contigua se

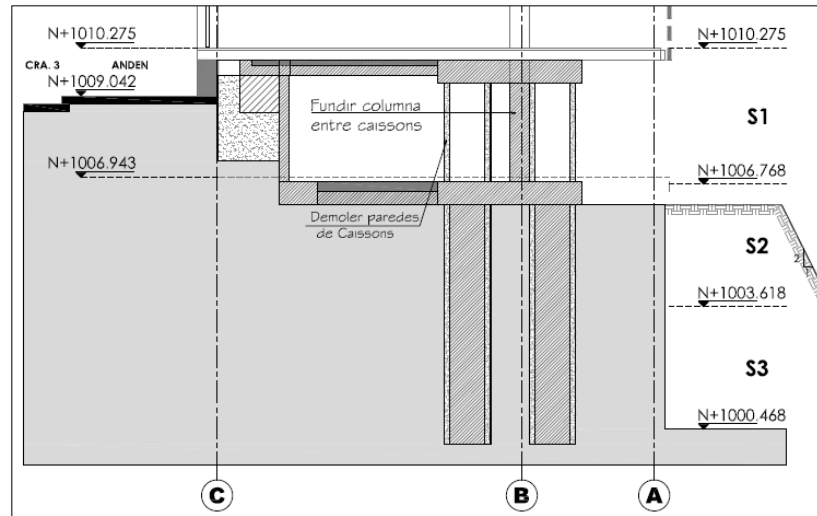


Figura 47. Sección Paso 5 Alternativa 4 – Fundición de columna en sótano.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Paso 6. Construir los caissons en el eje A con sus respectivos cabezales, para dar paso a la construcción de las columnas del mismo eje y posterior fundición de la losa pendiente (entre ejes A y B).

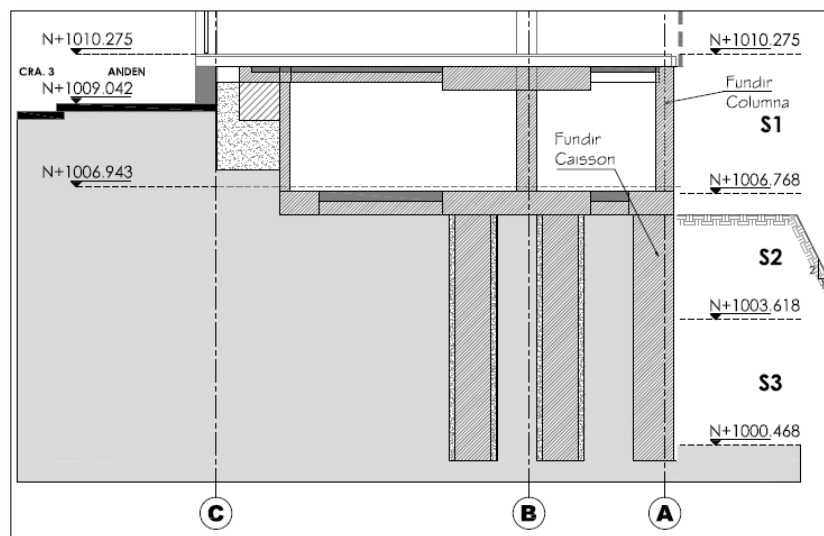


Figura 48. Sección Paso 6 - Alternativa 4 – Cimentación eje A.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Área disponible para uso: 336.62 m² (100.05% del área original)

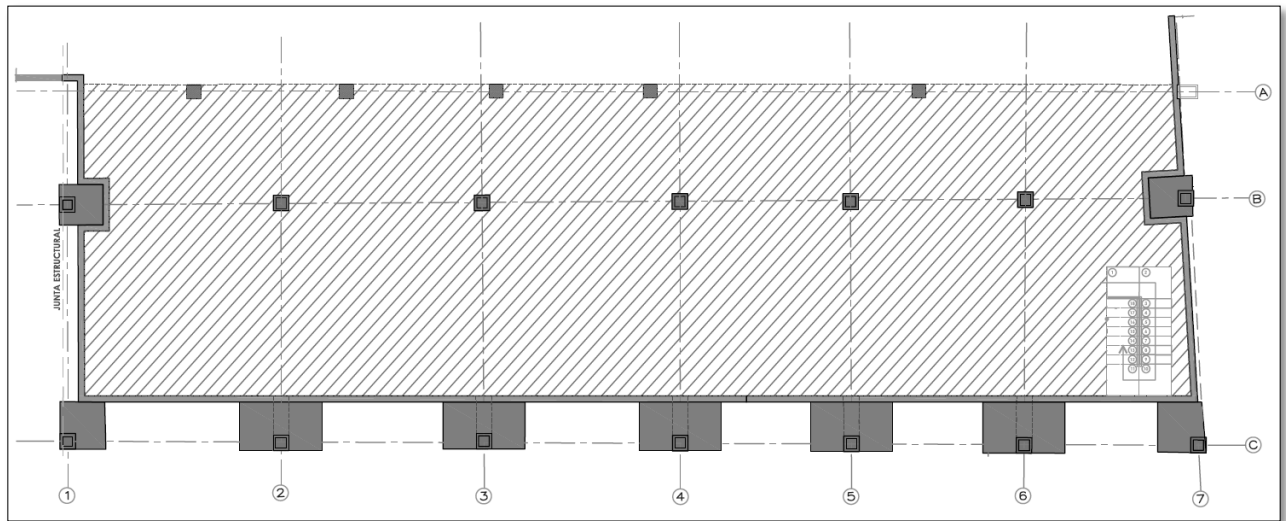


Figura 49. Área disponible para uso - Alternativa 4

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Tiempo estimado de construcción: 112 días (Ver anexo 5)

Costo estimado: \$536.400.422 (Ver anexo 6)

Análisis de alternativa. Como ya se mencionó, esta alternativa es una modificación de la alternativa No. 2, mantiene la ventaja de estabilidad de los muros de fachada mediante el confinamiento de la cimentación existente. Adicionalmente, al facilitarse la construcción de la cimentación del eje A con el nivel de excavación del edificio contiguo, disminuyen los inconvenientes y riesgos para la ejecución de actividades.

Por otra parte, alinear los cabezales con los ejes numerales permitiría trabajar de forma simultánea en varios frentes.

El plazo de ejecución se incrementó respecto a la alternativa No. 2, debido a que la construcción de la cimentación del eje A desde el nivel de sótano estaba supeditada a la terminación de los caissons del eje B.

Pese a que el plazo de ejecución es ligeramente mayor, el costo respecto a la alternativa No. 2 disminuyó cerca del 13%. Lo que la hace una opción más factible.

En resumen, la alternativa 1 corresponde al diseño estructural inicial, la cual fue desarrollada completamente por el diseñador; la alternativa 2 fue planteada como una opción para garantizar la estabilidad del muro de fachada y su cimentación; la alternativa 3 fue propuesta suponiendo disminución de riesgo que representaba la intervención de la cimentación del eje central, y finalmente, después de ajustar la alternativa No. 2 y considerando las nuevas condiciones de obra (construcción de la cimentación del eje A con la excavación del edificio contiguo a nivel del sótano 1), como resultado surgió la alternativa 4.

Evaluación de alternativas

Se realizó un modelo de evaluación sencillo en el que se determinaron cuatro variables cuyos valores se compararon con los valores de la alternativa 1 (inicial).

El procedimiento para la evaluación es el siguiente:

1. Las variables establecidas fueron costo, tiempo de ejecución, área disponible para uso y dificultad para la ejecución; el factor asignado fue 0.4, 0.3, 0.2 y 0.1, respectivamente.
2. Cada factor se multiplicó por el valor obtenido de la relación entre la alternativa evaluada y la alternativa inicial.

3. Los valores obtenidos para cada alternativa en el paso anterior se sumaron para obtener un valor total.
4. Los valores totales se ordenaron de manera ascendente y se enumeraron las posiciones.
5. La posición No. 1 determinó la opción más adecuada, mientras que la posición No.4 indicó la opción menos favorable.

Evaluación de variables

Costo. El costo de referencia (valor base) corresponde a \$726.841.939.

Factor asignado a la variable: 0,40

Tabla 1. *Evaluación de alternativas. Variable: Costo*

Alternativa	Valor x alternativa	Relación alternativa / base	Resultado
1	\$726.841.939	1,00	0,40
2	\$614.189.863	0,85	0,34
3	\$1.000.000.000*	1,38	0,55
4	\$536.400.422	0,74	0,30

Tomado de: Elaboración propia

* El costo de la alternativa 3 no fue determinado debido a que técnicamente no se consideraba viable, como se mencionó anteriormente. Por tanto, el valor fue establecido basándose en que las actividades representan costo considerablemente superior al de la alternativa inicial.

Tiempo de ejecución. El tiempo de ejecución tomado como base fue 118 días.

Factor asignado a la variable: 0,30

Tabla 2. Evaluación de alternativas. Variable: Tiempo de ejecución

Alternativa	Valor x alternativa	Relación alternativa / base	Resultado
1	118 días	1,00	0,30
2	97 días	0,82	0,25
3	200 días*	1,69	0,51
4	112 días	0,95	0,28

Tomado de: Elaboración propia

* De igual forma que para la evaluación del costo, el tiempo de ejecución de la alternativa 3 no fue determinado debido a que técnicamente no se consideraba viable. Por tanto, el valor fue establecido basándose en que las actividades demandan mucho más tiempo que el de la alternativa inicial.

Área disponible para uso. El valor del área disponible para uso tomado como referencia fue 336,44 m².

Para la evaluación de esta variable, la relación entre alternativas se determinó dividiendo el valor base sobre el de la alternativa, ya que representa mayor beneficio contar con áreas más grandes.

Factor asignado a la variable: 0,20

Tabla 3. Evaluación de alternativas. Variable: Área disponible para uso

Alternativa	Valor x alternativa	Relación alternativa / base	Resultado
1	336,44 m ²	1,00	0,20
2	336,50 m ²	1,00	0,20
3	323,25 m ²	1,04	0,21
4	336,62 m ²	1,00	0,20

Tomado de: Elaboración propia

Dificultad para la ejecución. En la Tabla 4 se mencionan los factores considerados para determinar la dificultad de ejecución de las obras descritas en cada alternativa. Los aspectos favorables reducen la dificultad, por tanto tienen valores negativos; mientras que los aspectos considerados como desfavorables incrementan la dificultad y por tanto sus valores son positivos.

El valor tomado como referencia fue 1.0, establecido para la alternativa 1.

Tabla 4. Factores de dificultad para ejecución de obras

Alternativa	Factores de dificultad de ejecución	Aumento / reducción respecto a valor base	Dificultad
1	La intervención y posterior eliminación de la cimentación preexistente, especialmente la del eje C (fachada), representaba alto riesgo para la estabilidad del edificio.	1	1
2	Estabilidad de los muros de fachada mediante el confinamiento de la cimentación existente.	-0,3	0,7
3	- Estabilidad de los muros de fachada mediante el confinamiento de la cimentación existente. - Las pantallas de confinamiento debían tener una profundidad de 3 m como mínimo por debajo del nivel del futuro sótano; adicionalmente, debía intervenir un solo eje a la vez.	-0,3 +1	1,7
4	- Estabilidad de los muros de fachada mediante el confinamiento de la cimentación existente. - Al facilitarse la construcción de la cimentación del eje A con el nivel de excavación del edificio contiguo, disminuyen los inconvenientes y riesgos para la ejecución de actividades.	-0,3 -0,2	0,5

Tomado de: Elaboración propia

Los valores obtenidos para cada alternativa se resumen en la Tabla 5:

Factor asignado a la variable: 0,20

Tabla 5. *Evaluación de alternativas. Variable: Dificultad para ejecución*

Alternativa	Valor x alternativa	Relación alternativa / base	Resultado
1	1,00	1,00	0,10
2	0,70	0,70	0,07
3	1,70	1,70	0,17
4	0,50	0,50	0,05

Tomado de: Elaboración propia

En resumen, los valores evaluados fueron los siguientes:

Tabla 6. *Comparación de alternativas*

Alternativas	Variables			
	Costo	Tiempo de ejecución	Área disponible para uso	Dificultad para ejecución
1	\$726.841.939	118 días	336,44 m2	1
2	\$614.189.863	97 días	336,50 m2	0,7
3	No determinado	No determinado	323,25 m2	1,7
4	\$536.400.422	112 días	336,62 m2	0,5

Tomado de: Elaboración propia

Finalmente, los resultados obtenidos en la evaluación de cada variable fueron consolidados en la Tabla 7:

Tabla 7. Evaluación de alternativas. Resumen

Alternativas	Variables				Resultado	Posición
	Costo	Tiempo de ejecución	Área disponible para uso	Dificultad de ejecución		
	0,4	0,3	0,2	0,1		
1	0,40	0,30	0,20	0,10	1,00	3
2	0,34	0,25	0,20	0,07	0,85	2
3	0,55	0,51	0,21	0,17	1,44	4
4	0,30	0,28	0,20	0,05	0,83	1

Tomado de: Elaboración propia

Del análisis anterior se obtuvo que la alternativa más adecuada para la intervención resulta ser la No. 4. Por lo que se concluye que la decisión tomada por los ejecutores del proyecto fue acertada.

Ejecución de obra

Como se mencionó en el capítulo anterior, la alternativa 4 fue la escogida para ejecutar la obra. Sin embargo, debido a diferentes situaciones que se presentaron durante la ejecución, fue necesario realizar algunos cambios que serán descritos más adelante.

Proceso constructivo

Actividades preliminares. Para empezar, se llevaron a cabo actividades preliminares previo a la intervención estructural, como apuntalamiento de cerchas de madera que conformaban la cubierta existente, y apuntalamiento de las losas de piso 2 y 3 conservando alineación en todos los pisos. Adicionalmente, se realizó la demolición de muros interiores de tercer y segundo piso, y el retiro de teja de barro de la cubierta con el fin de disminuir cargas a la estructura existente.

La demolición de los muros de primer piso debía realizarse posterior a la construcción de la estructura de reforzamiento.

La cubierta pre-existente no fue retirada en su totalidad con el fin que las lluvias no afectaran los muros de adobe.



Imagen 3. Actividades preliminares

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

Excavación de anillos, caissons y muro de contención. El geotecnista recomendó realizar la excavación y construcción de caissons del eje B antes de perfilar el talud contiguo (edificio 6), con el fin de no comprometer la estabilidad del edificio. Adicionalmente, se determinó que podía darse inicio a la excavación y construcción del muro de contención en los tramos que correspondían a las columnas que estaban alineadas con los caissons del eje B.

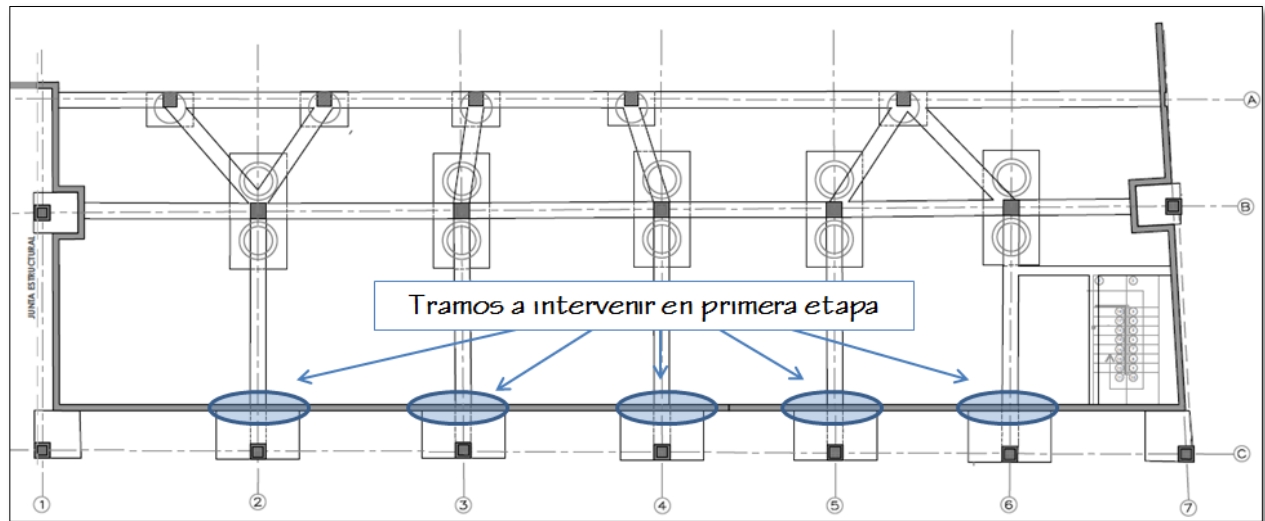


Figura 50. Inicio de construcción de muro de contención.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Debía mantenerse el talud de 1H:2V en la excavación para la construcción del muro de contención del eje de fachada, con el fin de garantizar la estabilidad del terreno y seguridad del personal.

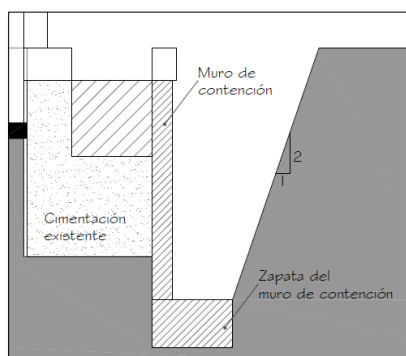


Figura 51. Esquema de la excavación para muro de contención.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia



Imagen 4. Refuerzo para muro de contención

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

Se estableció que los anillos de protección de uno de cada par de caissons en el eje B debían adentrarse al menos 15 cm en las zapatas, con el fin de garantizar el confinamiento de las zapatas existentes y la estabilidad del edificio; tal y como se muestra en la Figura 52.

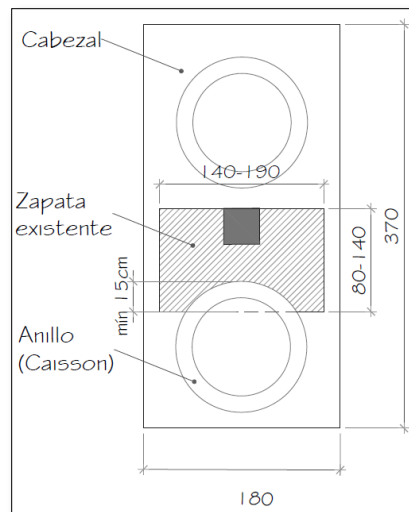


Figura 52. Cabezal superior eje B.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

La construcción del muro de contención y sus respectivas zapatas, se realizó de manera simultánea con la excavación para caissons en el eje B. Se utilizó formaleta metálica de forma troncocónica, con el fin de facilitar la fundición de anillos.

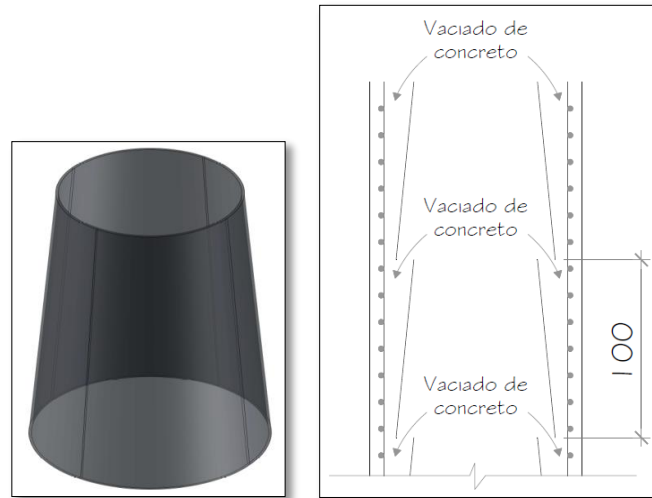


Figura 53. Formaleta para anillos de protección

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

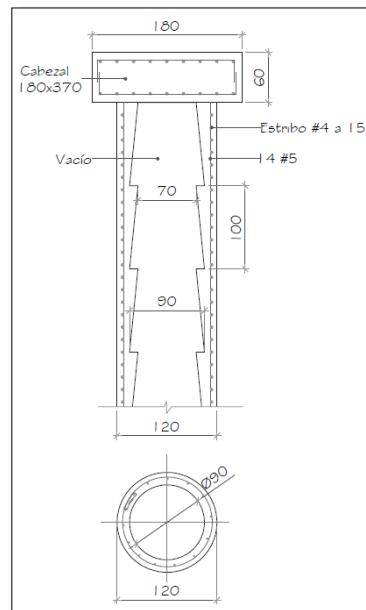


Figura 54. Esquema de fundición de anillos de protección

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

El primer tramo de anillos alcanzó 3m de altura y su fundición se realizó en una sola etapa. Pese a que no se presentaron inconvenientes, el geotecnista enfatizó en que las excavaciones a mano de estos elementos debían realizarse con anillos vaciados en sitio en tramos no mayores a 1.0 m de profundidad medido desde el nivel del terreno, con el objeto de evitar derrumbes y garantizar la seguridad de los excavadores.



Imagen 5. Primer tramo de anillos para caisson

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

Durante las excavaciones de los caissons se encontró agua de nivel freático a 4m de profundidad. Debido a esto, fue necesario realizar labores de bombeo de manera permanente.

La presencia de agua dificultó las labores de excavación, disminuyendo el rendimiento de la actividad de 1,0m de profundidad/día a 1m por cada tres días, es decir 0,33m de profundidad/día en promedio.

El geotecnista determinó que las excavaciones para caissons podían suspenderse a 7,4m, debido a las condiciones del terreno que hicieron imposible continuar con la excavación. Con esto, los caissons definitivos quedaron con profundidad de 4,0m medidos desde el nivel de sótano.

Durante la excavación del muro de contención en la intersección entre los ejes 7 y C, se presentó desprendimiento del material que conformaba la cimentación existente. Este espacio fue llenado con concreto.



Imagen 6. Muro de contención esquina ejes 7-C y 1-B.

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

Construcción de cabezales superiores. Se procedió a realizar el armado de los cabezales superiores, una vez se llevó a cabo la fundición de los caissons.



Imagen 7. Refuerzo para caisson y cabezal superior.

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

Dado que no resultaba conveniente demoler los muros existentes, fue necesario desplazar la viga de enlace sobre el eje B en la losa de primer piso. A raíz de esta modificación, la sección de las columnas del eje B cambió a 0.70m x 0.50m.

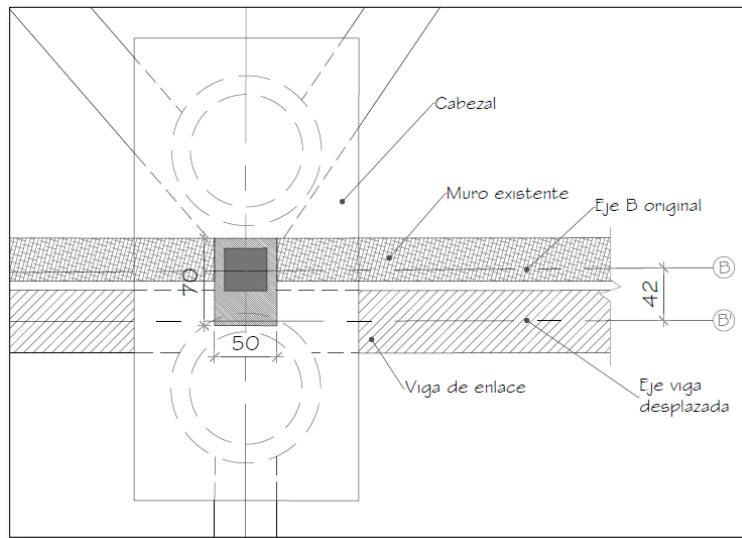


Figura 55. Esquema Desplazamiento viga eje B

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Construcción de losa de primer piso y excavación de sótano. Al terminar la fundición del muro de contención y los cabezales superiores, se procedió a fundir la losa de primer piso.



Imagen 8. Armado y fundición de losa de primer piso.

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

La fundición de esta losa transcurrió sin inconvenientes. Posterior a esta actividad, se procedió a realizar la excavación del sótano con minicargador. Se mantuvieron taludes de protección alrededor de los anillos constructivos para luego, retirar este material a mano.



Imagen 9. Anillos de concreto descubiertos en sótano.

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

Para realizar la excavación del sótano se recibieron las siguientes recomendaciones del geotecnista:

- Conservar las zapatas existentes ubicadas en los ejes que no fueron objeto de reforzamiento.
- Demoler las zapatas existentes entre anillos iniciando por los ejes 2 y 4.
- Demoler parcialmente el anillo constructivo de los ejes 2 y 4, para permitir el armado de los cabezales inferiores.
- Armar y fundir el cabezal inferior de los ejes 2 y 4, dejando el refuerzo de arranque para las columnas.
- Armar y fundir las columnas de los ejes 2 y 4 a nivel de sótano dejando la continuidad del refuerzo para el encamisado de columnas hacia el primer piso.
- Armar y fundir las columnas 2-B y 4-B a nivel de piso 1.
- Realizar las actividades indicadas anteriormente en los ejes 3 y 5.



Imagen 10. Excavación de sótano.

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

Construcción de cabezales inferiores. Los cabezales inferiores se armaron sin demoler completamente los anillos, realizando perforaciones y anclajes epóxicos. El proceso fue el siguiente:

1. Anclar las paredes del caisson. Las barras que quedan por fuera del anillo se mantienen.
2. Colocar el refuerzo transversal entre los caissons.
3. Colocar el refuerzo de columna.
4. Colocar los refuerzos de arranque de las vigas de amarre.

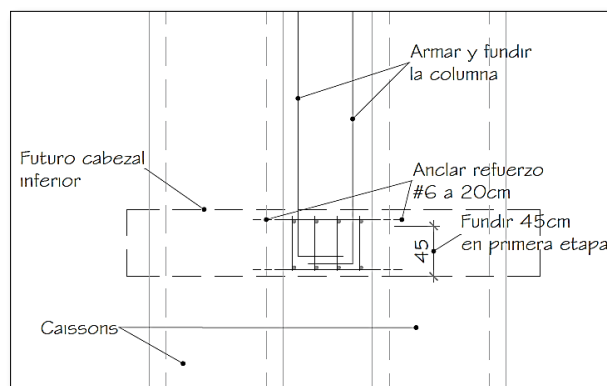


Figura 56. Esquema de refuerzo de cabezal inferior

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

5. Fundir el cabezal hasta 45cm de altura y fundición de las columnas hasta nivel de piso 1.



Imagen 11. Armado y fundición de cabezales inferiores.

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

6. Demoler los anillos, cuando el concreto de la columna alcanzó la resistencia de diseño.



Imagen 12. Demolición de anillos en sótano.

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

7. Completar el cabezal colocando una parrilla superior (#5@20cm) hasta la medida de 1.80x3.70x0.60m.
8. Completar la fundición del cabezal hasta la altura de 60 cm.



Imagen 13. Complemento refuerzo de cabezal inferior.

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

Después de fundir las columnas del eje B a nivel de sótano, se procedió de manera simultánea con las actividades en el sótano y la estructura de reforzamiento de los ejes B y C en los pisos superiores.

Construcción de cimentación eje A. Como puede apreciarse en la imagen siguiente, a la fecha en la que se iniciaron las labores en el eje A, los muros de contención para el edificio contiguo ya se encontraban en proceso de construcción.



Imagen 14. Fachada interna Edificio 1.

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

Considerando esta situación, se tomó la decisión de construir zapatas en lugar de los caissons, tal como se muestra en la siguiente planta de cimentación.

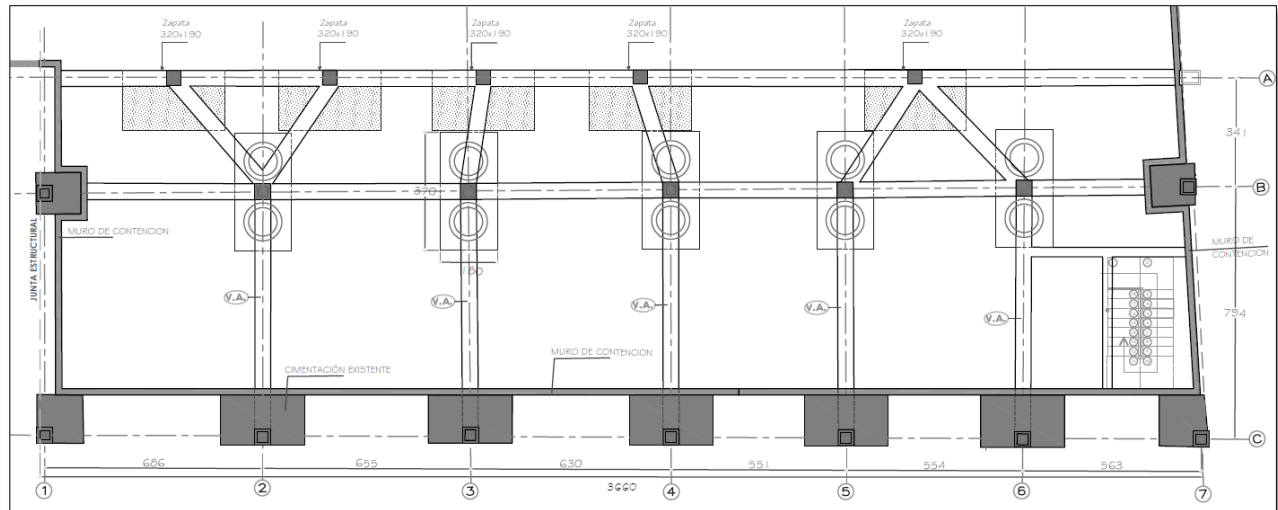


Figura 57. Planta de cimentación con zapatas en eje A.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Por consideraciones arquitectónicas, la sección de columnas en el eje A fue estandarizada en 0,45m x 0,50m.

La Imagen 15 muestra una de las dos zapatas que fueron construidas antes que el muro anclado (contiguas al eje 2). Debido a esta condición, se determinó que no debía generarse carga sobre las zapatas hasta confinar la cimentación del eje A con los muros anclados del edificio 6.



Imagen 15. Zapata eje A (sin confinamiento).

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

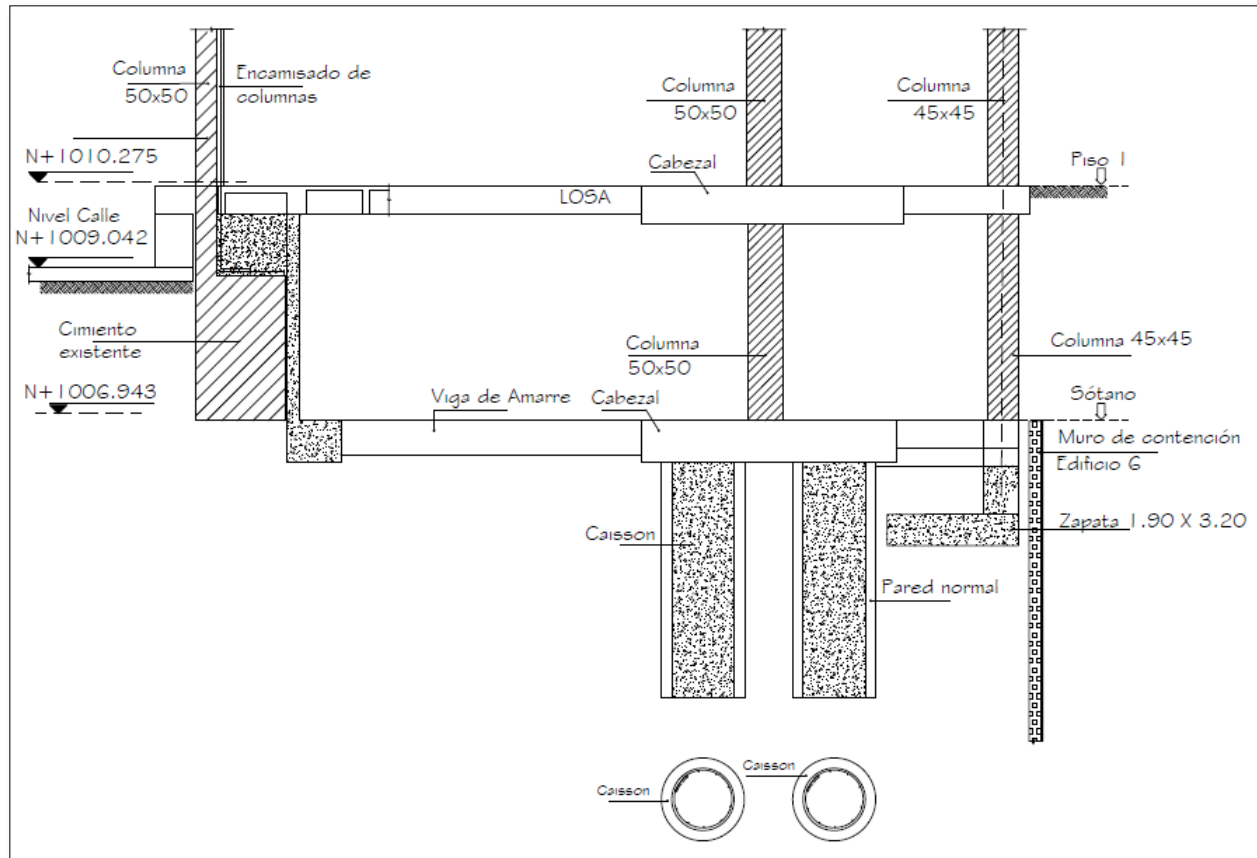


Figura 58. Sección Estructura real de sótano.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

Se procedió a armar y fundir las columnas, vigas y losas del eje A en los tres pisos, luego de tener el confinamiento total de las zapatas.



Imagen 16. Construcción columnas y losa en eje A.

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

Se demolieron los muros del eje B, para finalmente liberar los espacios, al finalizar la construcción de columnas, vigas y losas.



Imagen 17. Columnas y losa en eje A.

Tomado de: Registro fotográfico del proyecto.

Finalmente, dado que el piso del sótano está previsto para almacenamiento (bodega) y posible tránsito de vehículos livianos, se fundió el pavimento con la siguiente estructura:

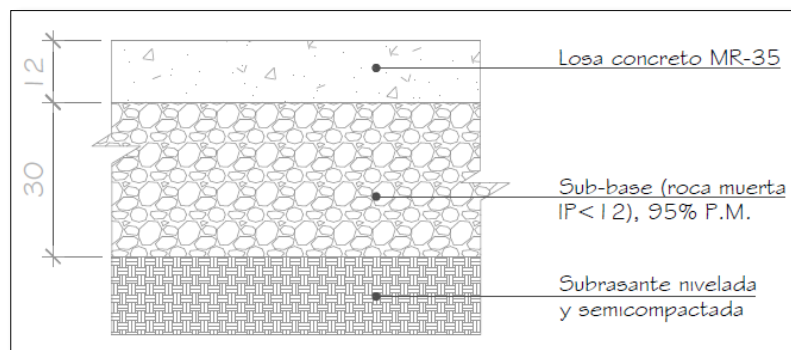


Figura 59. Estructura de pavimento para sótano.

Tomado de: Archivo del proyecto Hotel La Sagrada Familia

El constructor tomó la decisión de posponer la construcción de la escalera entre el nivel de sótano y el primer piso. Por tanto, este elemento no fue incluido en la programación y costos reales.

Se da por terminada la intervención estructural de este edificio.

Monitoreo de asentamientos

Con el fin de realizar el seguimiento a la edificación e identificar posibles asentamientos de la estructura, se realizó el monitoreo de asentamientos con equipo de topografía. Este monitoreo inició el 23 de julio de 2014 con una frecuencia de 15 días (ver Tabla 8 y Gráfica 1).**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** Posteriormente, el 20 de septiembre de 2014 la frecuencia de los chequeos se redujo a una semana. Luego, el 21 de marzo de 2015, considerando que los chequeos realizados mostraban que en los 30 días anteriores los asentamientos fueron nulos, se tomó la decisión de realizar el monitoreo cada quince días, por los siguientes dos meses, y luego cada mes hasta el momento de entrega de la obra, para tener una certificación final del estado en que se entrega.

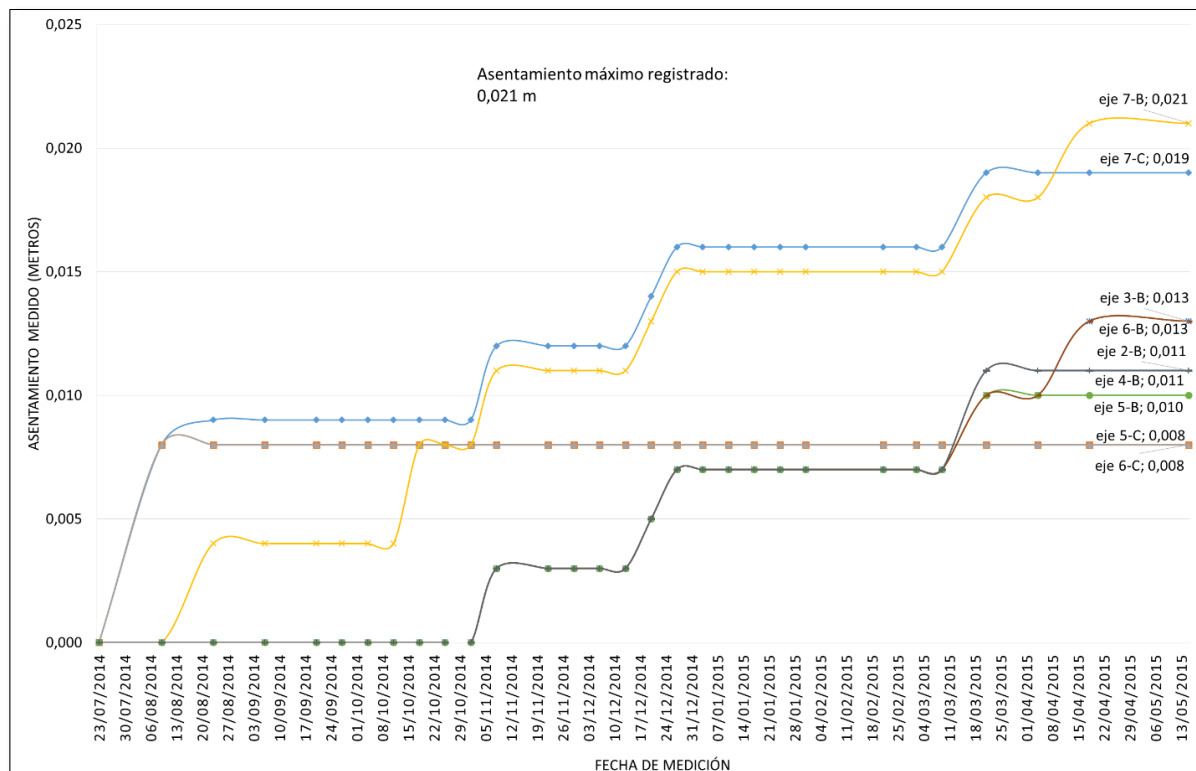
El asentamiento máximo registrado fue de 0,021m, frente a 0,025 m esperados según el estudio de suelos.

Tabla 8. Registro de asentamientos de la estructura

Fecha	Asentamientos registrados
2014-07-23	Inicio del monitoreo
2014-08-09	0.008m en el eje C con intersección en ejes 5, 6 y 7.
2014-08-23	0.004m en eje B-7, 0.006m en eje 7 entre B y C, 0.01m en eje C-7
2014-09-06	Ninguno
2014-09-20	Ninguno / Inician chequeos semanales
2014-09-27	Ninguno
2014-10-04	Ninguno
2014-10-11	Ninguno
2014-10-18	0.004m en eje 7-B
2014-10-25	Ninguno
2014-11-01	Ninguno
2014-11-08	0.003m en todo el edificio
2014-11-22	Ninguno
2014-11-29	Ninguno

2014-12-06	Ninguno
Fecha	Asentamientos registrados
2014-12-13	Ninguno
2014-12-20	0.002m en todo el edificio
2014-12-27	0.002m en todo el edificio
2015-01-03	Ninguno
2015-01-10	Ninguno
2015-01-17	Ninguno
2015-01-24	Ninguno
2015-01-31	Ninguno
2015-02-21	Ninguno
2015-03-02	Ninguno
2015-03-09	Ninguno
2015-03-21	0.004m en eje 4-B y eje 2-B; 0.003m en el resto del edificio
2015-04-04	Ninguno
2015-04-18	0.003m en eje B con intersección en ejes 3, 6 y 7.
2015-05-15	Ninguno

Tomado de: Elaboración propia



Gráfica 1. Asentamientos medidos vs. Tiempo

Tomado de: Elaboración propia.

Resultados de la intervención

Tiempo de ejecución y costo real. El tiempo real de ejecución de las actividades fue de 332 días. El costo real fue de \$569.673.255.

Debe tenerse en cuenta que este tiempo no incluye la construcción de la escalera en concreto que comunica los niveles de sótano y piso 1, que como se indicó anteriormente, no fue construida en su momento por decisión de la gerencia del proyecto.

La obra ejecutada representó mayores costos de los estimados.

Costo estimado alternativa No. 04: \$536.400.422

Costo estimado alternativa No. 04 sin escaleras: \$534.684.461

Costo real: \$569.673.255. Representa el 106,54% de los costos estimados para la alternativa escogida.

Modificaciones realizadas durante la ejecución:

- Cambio de caissons a zapatas aisladas en el eje A.
- Disminución en la profundidad de los caissons definitivos.
- Cambio de losa maciza a losa aligerada entre ejes A y B para segundo y tercer piso.

Conclusiones

- De acuerdo a la evaluación realizada, la elección de la alternativa No. 4 por parte de los ejecutores de la obra fue acertada, puesto que, respecto a las otras alternativas, representaba menor dificultad para ejecutarla, no implicaba disminución en el área disponible para uso comercial, su costo era inferior y la diferencia en plazo de ejecución no fue representativa.
- El costo de la obra ejecutada fue superior al costo estimado para la alternativa escogida, debido principalmente al consumo adicional de concreto para las columnas, generado por cambios de sección, y el mayor tiempo de ejecución que derivó en mayor permanencia de los elementos de apoyo temporales.
- El tiempo de ejecución de la obra (332 días) resultó ser mucho mayor respecto al estimado para la alternativa escogida (112 días). Esto se debe principalmente a la incertidumbre respecto a las condiciones reales de la estructura pre-existente en el subsuelo.
- Los asentamientos registrados (0,021m) se consideraron aceptables en el tiempo de ejecución de la intervención, de acuerdo con los esperados según el estudio de suelos (0,025m).
- La intervención no afectó la estabilidad de la edificación y no se observaron fisuras o grietas producto de la misma.
- El reforzamiento estructural y la construcción del sótano no afectaron la condición patrimonial de la edificación.

- En la ciudad de Santiago de Cali y en la región, no se ha documentado el desarrollo de proyectos de este tipo que impliquen la construcción de sótanos bajo edificaciones existentes.
- La condición patrimonial de algunos edificios hace que la intervención represente mayor complejidad debido a las restricciones establecidas en la normatividad vigente.
- Los procesos de intervención de edificaciones existentes, son particulares y requieren ser evaluados técnica y económicamente para intentar llegar a una solución óptima. Sin embargo, dado que es un proceso dinámico, pueden presentarse modificaciones durante la ejecución supeditadas a las condiciones reales de la obra.
- Se debe llevar a cabo una investigación apropiada de las condiciones de las edificaciones existentes y el sitio donde se realizará la intervención, antes de diseñar, mostrando el grado de estabilización necesaria en los diseños, delineando claramente las funciones y responsabilidades de las partes participantes y fomentando la comunicación durante la fase de construcción.
- A pesar de existir diversos métodos de submuración, no hay una solución única. En muchos casos, la solución más adecuada resulta ser una combinación de diferentes técnicas.
- La creciente presión de la población impulsa la necesidad de más infraestructuras y simultáneamente conduce a la ocupación de un mayor espacio superficial para residencias y otros tipos de desarrollos habituales en las grandes ciudades, las construcciones subterráneas seguirán utilizándose como la solución para estacionamiento.
- Son necesarios los estudios y análisis para la correcta interpretación de los mecanismos de daños observados en las edificaciones y los efectos causados por intervenciones

anteriores, de modo que se puedan probar técnicas de intervención eficaces en tipos estructurales, elementos de construcción y materiales de edificios locales.

- Los trabajos de submuración requieren experiencia en los niveles de diseño y ejecución, junto con prácticas de trabajo seguras.

Bibliografía

- Avellan, K. (2009). Strengthening and underpinning the foundations of the Ministry of Employment and the Economy of Finland at Alexander Street No. 4 and 6. *Proceedings of the 17th International Conference on Soil Mechanics & Geotechnical Engineering*, (pp. 5-9). Alexandria.
- Chepurnova, A. (2014). Assessing the influence of jet-grouting underpinning on the nearby buildings. *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering* , 6 (2), pp. 105-112.
- Colombia, & Acevedo, A. S. (2000). Ley general de cultura: ley 397 de 1997. Versión concordada y completada con decretos, leyes y jurisprudencia. Colombia: Ministerio de Cultura.
- Da Porto, F., Munari, M., Prota, A., & Modena, C. (2013). Analysis and repair of clustered buildings: Case study of a block in the historic city centre of L'Aquila (Central Italy). *Construction and building materials* , 38, pp. 1221-1237.
- Estudio de vulnerabilidad sísmica para el Hotel La Sagrada Familia. (2012).
- Kordahi, R. Z. (2004). *Underpinning Strategies for Buildings with Deep Foundations*. Massachusetts Institute of Technology.
- Mackevicius, R. (2013). Possibility for Stabilization of Grounds and Foundations of Two Valuable Ancient Cathedrals on Weak Soils in Baltic Sea Region with Grouting. *Procedia Engineering* (57), pp. 730-738.
- Municipio de Santiago de Cali. (2007). Acuerdo 0232 de 2007. *Plan Especial de Protección del Patrimonio Urbano - Arquitectónico para el Municipio de Santiago de Cali*. Cali, Colombia.

Nemati, K. M. (2007). Temporary Structures. *Shoring, scaffolding, and underpinning* .

(Department of Construction Management, Ed.) University of Washington.

Peraza, D. B. (2006). Getting to the Bottom of Underpinning. *Structure Magazine* , 16-19.

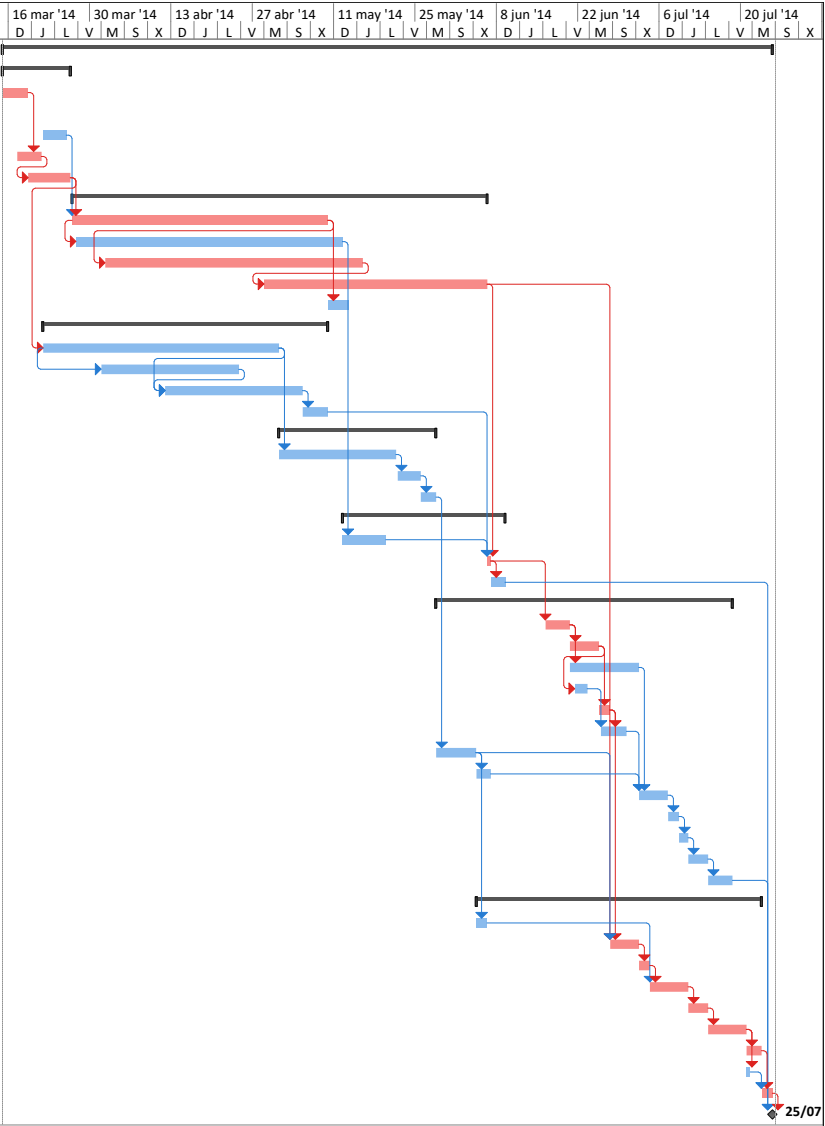
Pinto, A., Ferreira, S., & Barros, V. (2001). Underpinning solutions of historical constructions.

In P. B. Lourenço, & P. Roca, *Historical Constructions 2001: Possibilities of Numerical and Experimental Techniques. Proceedings of the 3rd International Seminar* (pp. 1003-1012). Guimarães, Portugal.

Anexos

Anexo 1. Programación para Alternativa 1.

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	mar '14	16 mar '14	30 mar '14	13 abr '14	27 abr '14	11 may '14	25 may '14	8 jun '14	22 jun '14	6 jul '14	20 jul '14
						M S X	D J L V M S X	D J L V M S X	D J L V M S X	D J L V M S X	D J L V M S X	D J L V M S X	D J L V M S X	D J L V M S X	D J L V M S X	D J L V M S X
1	EDIFICIO 1 - ALTERNATIVA 1	118 días	sáb 15/03/14	vie 25/07/14												
2	PRELIMINARES	10 días	sáb 15/03/14	mié 26/03/14												
3	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	3 días	sáb 15/03/14	mié 19/03/14												
4	APUNTALAMIENTO DE LOSAS	3 días	mié 19/03/14	vie 21/03/14	3											
5	DEMOLICIÓN DE MUROS INTERIORES PISOS 2 Y 3	3 días	sáb 22/03/14	mié 26/03/14	4											
6	DEMOLICIÓN DE CONTRAPISO PARA EXCAVACIÓN	5 días	lun 17/03/14	vie 21/03/14	3FC-2 días											
7	EXCAVACIÓN A MANO PISO 1 Y NIVELACIÓN DE TERRENO	7 días	mié 19/03/14	mié 26/03/14	6FC-3 días											
8	MURO DE CONTENCIÓN	64 días	jue 27/03/14	vie 6/06/14												
9	EXCAVACIÓN A MANO, ARMADO Y FUNDICIÓN DE ANILLOS PARA SEMICAISSEON	40 días	jue 27/03/14	sáb 10/05/14	7;5											
10	FUNDICIÓN DE ZAPATA Y MURO DE CONTENCIÓN	40 días	jue 27/03/14	lun 12/05/14	9CC+1 día											
11	FUNDICIÓN DE CAISSONS EJE C	40 días	mar 1/04/14	vie 16/05/14	9FC-35 días											
12	FUNDICIÓN DE COLUMNAS EJE C SOTANO	35 días	mar 29/04/14	vie 6/06/14	11FC-40%											
13	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN DE CAISSONS A MÁQUINA	2 días	sáb 10/05/14	mar 13/05/14	9											
14	CIMENTACIÓN EJE B	44 días	sáb 22/03/14	sáb 10/05/14												
15	EXCAVACIÓN A MANO, ARMADO Y FUNDICIÓN DE ANILLOS PARA CAISSON	36 días	sáb 22/03/14	jue 1/05/14	7FC-4 días											
16	BOMBEO	22 días	mar 1/04/14	jue 24/04/14	15CC+8 días											
17	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CAISSONS DEFINITIVOS	20 días	sáb 12/04/14	lun 5/05/14	15FC-50%;16FC-5											
18	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CABEZALES SUPERIORES	5 días	lun 5/05/14	sáb 10/05/14	17											
19	CIMENTACIÓN EJE A	24 días	jue 1/05/14	mié 28/05/14												
20	EXCAVACIÓN A MANO, ARMADO Y FUNDICIÓN DE ANILLOS PARA SEMICAISSEON	18 días	jue 1/05/14	mié 21/05/14	15											
21	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CAISSONS DEFINITIVOS	3 días	jue 22/05/14	lun 26/05/14	20											
22	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CABEZALES INFERIORES	3 días	lun 26/05/14	mié 28/05/14	21											
23	LOSA PISO 1	25 días	lun 12/05/14	lun 9/06/14												
24	ARMADO DE VIGAS, VIGUETAS Y LOSA	7 días	lun 12/05/14	mar 20/05/14	10											
25	FUNDICIÓN DE LOSA ALIGERADA ENTRE EJES B Y C	1 día	vie 6/06/14	sáb 7/06/14	24;18;12											
26	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CONTRAPISO ENTRE EJES 1 Y 2	1 día	sáb 7/06/14	lun 9/06/14	25											
27	SÓTANO	46 días	mié 28/05/14	vie 18/07/14												
28	EXCAVACIÓN A MÁQUINA	5 días	lun 16/06/14	vie 20/06/14	25FC+7 días											
29	DEMOLICIÓN Y RETIRO DE CIMENTACIÓN EXISTENTE	4 días	vie 20/06/14	mié 25/06/14	28											
30	DEMOLICIÓN DE ANILLOS MURO DE CONTENCIÓN	10 días	vie 20/06/14	mié 2/07/14	28											
31	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CABEZALES INFERIORES EN EJE B	1 día	sáb 21/06/14	lun 23/06/14	29FC-80%											
32	ARMADO Y FUNDICIÓN DE COLUMNAS EJE B	2 días	mié 25/06/14	vie 27/06/14	29											
33	DEMOLICIÓN DE ANILLOS EJE B	3 días	jue 26/06/14	lun 30/06/14	31FC-80%;32FC-8											
34	ARMADO Y FUNDICIÓN DE COLUMNAS EJE A	6 días	mié 28/05/14	mié 4/06/14	22											
35	DEMOLICIÓN DE ANILLOS EJE A	3 días	mié 4/06/14	sáb 7/06/14	34											
36	ARMADO Y FUNDICIÓN DE VIGAS DE CIMENTACIÓN	4 días	mié 2/07/14	lun 7/07/14	33;35;30											
37	COMPACTACIÓN SUB RASANTE	2 días	lun 7/07/14	mié 9/07/14	36											
38	COLOCACIÓN SUB-BASE	2 días	mié 9/07/14	vie 11/07/14	37											
39	FUNDICIÓN DE PAVIMENTO	2 días	vie 11/07/14	lun 14/07/14	38											
40	ARMADO Y FUNDICIÓN DE ESCALERA	5 días	lun 14/07/14	vie 18/07/14	39											
41	PISOS 1-2-3	44 días	mié 4/06/14	mié 23/07/14												
42	FUNDICIÓN DE LOSA ALIGERADA ENTRE EJES A Y B	2 días	mié 4/06/14	vie 6/06/14	34											
43	ARMADO Y FUNDICIÓN COLUMNAS PISO 1	4 días	vie 27/06/14	mié 2/07/14	32;12;34											
44	ARMADO Y FUNDICIÓN LOSA PISO 2 (EJES AY B)	2 días	mié 2/07/14	vie 4/07/14	43											
45	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS Y COLUMNAS PISO 2	6 días	vie 4/07/14	vie 11/07/14	44;42											
46	ARMADO Y FUNDICIÓN LOSA PISO 3 (EJES AY B)	2 días	vie 11/07/14	lun 14/07/14	45											
47	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS Y COLUMNAS PISO 3	6 días	lun 14/07/14	lun 21/07/14	46											
48	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS DE CUBIERTA	3 días	lun 21/07/14	mié 23/07/14	47											
49	RETIRO DE APUNTALAMIENTO DE LOSAS	1 día	lun 21/07/14	lun 21/07/14	4;47											
50	DEMOLICIÓN MUROS EJE B	2 días	mié 23/07/14	vie 25/07/14	48;49											
51	FIN	0 días	vie 25/07/14	vie 25/07/14	26;40;50											



Anexo 2. Presupuesto para Alternativa 1.

PROYECTO HOTEL LA SAGRADA FAMILIA	PRESUPUESTO DE OBRA
ALTERNATIVA 1	

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
------	-------------	-----	-------	----------	----------

1 PRELIMINARES					
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	M2	860,9	\$ 740	\$ 637.051
1.2	APUNTALAMIENTO LOSAS	DIA	124	\$ 115.200	\$ 14.284.800
1.3	DEMOLICIÓN CONTRAPISO PARA EXCAVACION	M2	425,0	\$ 4.230	\$ 1.797.708
SUBTOTAL PRELIMINARES					\$ 16.719.559

2 EXCAVACIONES CAISSONS Y MURO DE CONTENCIÓN					
2.1	EXCAVACIÓN A MANO PARA CAISSON Y SEMICAISSON	M3	391,2	\$ 18.000	\$ 7.041.807
2.2	BOMBEO AGUAS NIVEL FREÁTICO	DÍA	22,0	\$ 98.720	\$ 2.171.840
2.3	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN DE CAISSONS A MÁQUINA	M3	586,8	\$ 15.520	\$ 9.107.757
SUBTOTAL EXCAVACIONES CAISSONS Y MURO DE CONTENCIÓN					\$ 18.321.404

3 CIMENTACION COLUMNAS Y MURO DE CONTENCIÓN					
3.1	ACERO DE REFUERZO DE 60.000 PSI	KG	38300,4	\$ 3.070	\$ 117.582.099
3.2	FUNDICIÓN ANILLOS DE PROTECCIÓN DE EXCAVACIÓN EN CONCRETO PREPARADO EN OBRA 3000 PSI	M3	130,5	\$ 456.680	\$ 59.617.217
3.3	SOLADO DE LIMPIEZA ZAPATAS M.C. E= 5 cm	M2	36,3	\$ 16.000	\$ 581.440
3.4	FUNDICIÓN MUROS DE CONTENCIÓN 3000 PSI CONCRETO PREPARADO EN SITIO	M3	41,3	\$ 475.320	\$ 19.616.456
3.5	FUNDICIÓN ZAPATA MUROS DE CONTENCIÓN 3000 PSI CONCRETO PREMEZCLADO.	M3	21,8	\$ 446.620	\$ 9.736.316
3.6	FUNDICIÓN CAISSON 3000 PSI CONCRETO PREMEZCLADO.	M3	98,5	\$ 432.590	\$ 42.619.835
3.7	FUNDICIÓN CABEZAL SUPERIOR CAISSON CONCRETO FLUIDO PREMEZCLADO 4.000 PSI	M3	31,7	\$ 405.226	\$ 12.840.502
3.8	PERFORACIONES D=1" X 25 CM DE PROFUNDIDAD	UND	60,0	\$ 49.820	\$ 2.989.200
3.9	FUNDICIÓN CABEZAL INFERIOR CAISSON CONCRETO PREMEZCLADO 3.000 PSI	M3	31,7	\$ 354.385	\$ 11.229.490
SUBTOTAL CIMENTACION COLUMNAS Y MURO DE CONTENCIÓN					\$ 276.812.555

4 LOSA PISO 1					
4.1	EXCAVACIÓN A MANO Y NIVELACIÓN DE TERRENO	M3	125,9	\$ 11.172	\$ 1.406.555
4.2	SOLADO DE LIMPIEZA E= 5 cm VIGAS PRINCIPALES Y CABEZALES	M2	141,6	\$ 16.000	\$ 2.265.600
4.3	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI	KG	8952,4	\$ 3.070	\$ 27.483.807
4.4	MALLA ELECTROSOLDADA D=4,5MM A 15CM	KG	803,5	\$ 4.390	\$ 3.527.507
4.5	FUNDICIÓN VIGAS EN CONCRETO PREMEZCLADO 3.000 PSI	M3	15,6	\$ 586.320	\$ 9.131.118
4.6	FUNDICIÓN LOSA ALIGERADA EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI H=40 CM	M2	292,4	\$ 106.170	\$ 31.044.108
4.7	FUNDICIÓN CONTRAPISO EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI E=10 CM	M2	3,8	\$ 37.390	\$ 140.960
4.8	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN CON MÁQUINA	M3	151,1	\$ 25.500	\$ 3.852.540
SUBTOTAL LOSA PISO 1					\$ 78.852.195

5 EXCAVACIÓN Y DEMOLICIÓN EN SOTANO					
5.1	EXCAVACIÓN A MÁQUINA TIERRA BAJO LOSA PISO 1 (INCL RETIRO)	M3	855,8	\$ 22.840	\$ 19.546.472
5.2	DEMOLICIÓN ANILLOS DE CONCRETO SOTANO (INCL RETIRO)	M3	62,4	\$ 110.000	\$ 6.862.846
5.3	DEMOLICIÓN CIMIENTOS EXISTENTES (INCL RETIRO)	M3	101,2	\$ 145.130	\$ 14.687.156
SUBTOTAL EXCAVACIÓN Y DEMOLICIÓN SOTANO					\$ 41.096.474

PROYECTO HOTEL LA SAGRADA FAMILIA	PRESUPUESTO DE OBRA
ALTERNATIVA 1	

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
------	-------------	-----	-------	----------	----------

6 LOSA SOTANO					
6.1	EXCAVACIÓN A MANO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN Y CABEZALES CAISSON EJE B	M3	39,9	\$ 13.710	\$ 547.166
6.2	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI	KG	1887,0	\$ 3.070	\$ 5.792.937
6.3	MALLA ELECTROSOLDADA D=4,5MM A 15CM	KG	656,2	\$ 4.390	\$ 2.880.595
6.4	SOLADO DE LIMPIEZA E= 5 cm	M2	39,9	\$ 16.000	\$ 637.600
6.5	FUNDICIÓN VIGAS DE CIMENTACIÓN CONCRETO 3.000 PSI	M3	19,9	\$ 698.000	\$ 13.897.180
6.6	SEMI COMPACTACIÓN SUBRASANTE	M2	244,9	\$ 2.370	\$ 580.295
6.7	SUB-BASE (ROCA MUERTA IP<12), 95% PM	M3	73,5	\$ 41.550	\$ 3.052.263
6.8	PAVIMENTO EN CONCRETO MR-35 E=12 cm (CONTRAPISO)	M2	259,2	\$ 52.512	\$ 13.612.686
6.9	FUNDICIÓN ESCALERA DE ACCESO SOTANO	M3	1,70	\$ 733.080	\$ 1.246.236
6.10	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN A MÁQUINA	M3	47,9	\$ 15.520	\$ 743.284
SUBTOTAL LOSA SOTANO					\$ 42.990.241

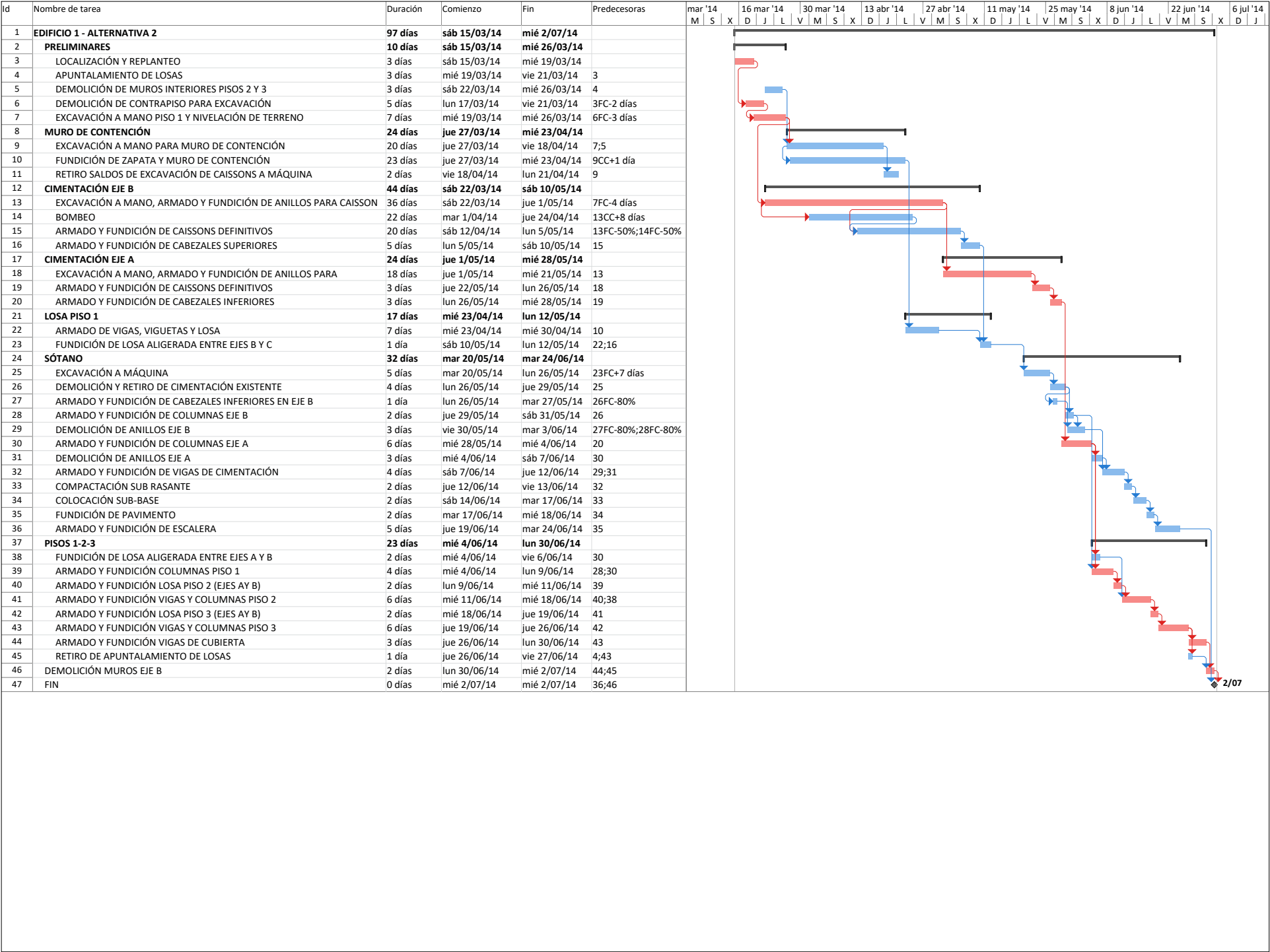
7 COLUMNAS					
7.1	ACERO DE REFUERZO DE 60.000 PSI	KG	32842,6	\$ 3.070	\$ 100.826.668
7.2	COLUMNAS DE CONCRETO PREPARADO EN SITIO DE 4.000 PSI	M3	5,3	\$ 700.444	\$ 3.677.331
7.3	COLUMNAS EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 4.000 PSI	M3	61,6	\$ 766.000	\$ 47.201.724
7.4	REMATE SUPERIOR DE COLUMNAS CON GROUTING	M3	0,1	\$ 258.280	\$ 33.576
SUBTOTAL COLUMNAS SOTANO					\$ 151.739.300

8 PISOS 2, 3 Y CUBIERTA					
8.1	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI	KG	11375,4	\$ 3.070	\$ 34.922.595
8.2	FUNDICIÓN VIGAS EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI	M3	67,0	\$ 586.320	\$ 39.283.440
8.2	FUNDICIÓN LOSA EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI E=15 CM	M2	274,6	\$ 84.690	\$ 23.255.874
SUBTOTAL LOSA PISO 1					\$ 97.461.909

9 DEMOLICIÓN MUROS FACHADA EJE B					
9.1	DEMOLICIÓN MUROS EN EXISTENTES (LADRILLO)	M2	186,4	\$ 12.840	\$ 2.393.376
9.2	ACARREO INTERNO DE ESCOMBROS	M3	20,83	\$ 5.610	\$ 116.856
9.3	RETIRO DE ESCOMBROS CARGADOS A MÁQUINA	M3	20,83	\$ 16.230	\$ 338.071
SUBTOTAL DEMOLICIÓN MUROS FACHADA EJE B					\$ 2.848.303

VALOR TOTAL					\$ 726.841.939
--------------------	--	--	--	--	-----------------------

Anexo 3. Programación para Alternativa 2.



Anexo 4. Presupuesto para Alternativa 2.

PROYECTO HOTEL LA SAGRADA FAMILIA	PRESUPUESTO DE OBRA
ALTERNATIVA 2	

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
------	-------------	-----	-------	----------	----------

1 PRELIMINARES					
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	M2	860,9	\$ 740	\$ 637.051
1.2	APUNTALAMIENTO LOSAS	DIA	100	\$ 115.200	\$ 11.520.000
1.3	DEMOLICIÓN CONTRAPISO PARA EXCAVACION	M2	425,0	\$ 4.230	\$ 1.797.708
SUBTOTAL PRELIMINARES					\$ 13.954.759

2 EXCAVACIONES CAISSONS Y MURO DE CONTENCIÓN					
2.1	EXCAVACIÓN A MANO PARA CAISSON Y SEMICAISSON	M3	510,4	\$ 18.000	\$ 9.187.020
2.2	BOMBEO AGUAS NIVEL FREÁTICO	DÍA	22,0	\$ 98.720	\$ 2.171.840
2.3	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN DE CAISSONS A MÁQUINA	M3	612,5	\$ 15.520	\$ 9.505.534
SUBTOTAL EXCAVACIONES CAISSONS Y MURO DE CONTENCIÓN					\$ 20.864.394

3 CIMENTACION COLUMNAS Y MURO DE CONTENCIÓN					
3.1	ACERO DE REFUERZO DE 60.000 PSI	KG	26154,8	\$ 3.070	\$ 80.295.350
3.2	FUNDICIÓN ANILLOS DE PROTECCIÓN DE EXCAVACIÓN EN CONCRETO PREPARADO EN OBRA 3000 PSI	M3	66,0	\$ 456.680	\$ 30.119.409
3.3	SOLADO DE LIMPIEZA ZAPATAS M.C. E= 5 cm	M2	48,2	\$ 16.000	\$ 771.584
3.4	FUNDICIÓN MUROS DE CONTENCIÓN 3000 PSI CONCRETO PREPARADO EN SITIO	M3	45,2	\$ 475.320	\$ 21.489.217
3.5	FUNDICIÓN ZAPATA MUROS DE CONTENCIÓN 3000 PSI CONCRETO PREMEZCLADO.	M3	28,9	\$ 446.620	\$ 12.922.682
3.6	FUNDICIÓN CAISSON 3000 PSI CONCRETO PREMEZCLADO.	M3	65,5	\$ 432.590	\$ 28.321.819
3.7	FUNDICIÓN CABEZAL SUPERIOR CAISSON CONCRETO FLUIDO PREMEZCLADO 4.000 PSI	M3	24,0	\$ 405.226	\$ 9.713.267
3.8	PERFORACIONES D=1" X 25 CM DE PROFUNDIDAD	UND	60,0	\$ 49.820	\$ 2.989.200
3.9	FUNDICIÓN CABEZAL INFERIOR CAISSON CONCRETO PREMEZCLADO 3.000 PSI	M3	22,7	\$ 354.385	\$ 8.047.764
SUBTOTAL CIMENTACION COLUMNAS Y MURO DE CONTENCIÓN					\$ 194.670.292

4 LOSA PISO 1					
4.1	EXCAVACIÓN A MANO Y NIVELACIÓN DE TERRENO	M3	131,7	\$ 11.172	\$ 1.471.017
4.2	SOLADO DE LIMPIEZA E= 5 cm VIGAS PRINCIPALES Y CABEZALES	M2	146,0	\$ 16.000	\$ 2.336.576
4.3	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI	KG	8989,4	\$ 3.070	\$ 27.597.418
4.4	MALLA ELECTROSOLDADA D=6.0 MM A 15 CM	KG	911,7	\$ 4.390	\$ 4.002.241
4.5	FUNDICIÓN VIGAS EN CONCRETO PREMEZCLADO 3.000 PSI	M3	15,8	\$ 586.320	\$ 9.261.423
4.6	FUNDICIÓN LOSA ALIGERADA EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI H=40 CM	M2	292,2	\$ 106.170	\$ 31.020.751
4.7	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN CON MÁQUINA	M3	158,0	\$ 25.500	\$ 4.029.102
SUBTOTAL LOSA PISO 1					\$ 79.718.527

5 EXCAVACIÓN Y DEMOLICIÓN EN SOTANO					
5.1	EXCAVACIÓN A MÁQUINA TIERRA BAJO LOSA PISO 1 (INCL RETIRO)	M3	659,1	\$ 22.840	\$ 15.054.824
5.2	DEMOLICIÓN ANILLOS DE CONCRETO SOTANO (INCL RETIRO)	M3	21,1	\$ 110.000	\$ 2.315.500
5.3	DEMOLICIÓN CIMIENTOS EXISTENTES (INCL RETIRO)	M3	48,4	\$ 145.130	\$ 7.024.292
SUBTOTAL EXCAVACIÓN Y DEMOLICIÓN SOTANO					\$ 24.394.616

PROYECTO HOTEL LA SAGRADA FAMILIA	PRESUPUESTO DE OBRA
ALTERNATIVA 2	

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
------	-------------	-----	-------	----------	----------

6 LOSA SOTANO					
6.1	EXCAVACIÓN A MANO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN Y CABEZALES CAISSON EJE B	M3	41,3	\$ 13.710	\$ 565.901
6.2	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI	KG	1878,0	\$ 3.070	\$ 5.765.386
6.3	MALLA ELECTROSOLDADA D=6.0 MM A 15 CM	KG	744,5	\$ 4.390	\$ 3.268.267
6.4	SOLADO DE LIMPIEZA E= 5 cm	M2	44,9	\$ 16.000	\$ 717.920
6.5	FUNDICIÓN VIGAS DE CIMENTACIÓN CONCRETO 3.000 PSI	M3	22,4	\$ 698.000	\$ 15.656.140
6.6	SEMI COMPACTACIÓN SUBRASANTE	M2	254,0	\$ 2.370	\$ 601.862
6.7	SUB-BASE (ROCA MUERTA IP<12), 95% PM	M3	76,2	\$ 41.550	\$ 3.165.695
6.8	PAVIMENTO EN CONCRETO MR-35 E=12 cm (CONTRAPISO)	M2	269,0	\$ 52.512	\$ 14.123.628
6.9	FUNDICIÓN ESCALERA DE ACCESO SOTANO	M3	1,70	\$ 733.080	\$ 1.246.236
6.10	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN A MÁQUINA	M3	49,5	\$ 15.520	\$ 768.734
SUBTOTAL LOSA SOTANO					\$ 45.879.767

7 COLUMNAS					
7.1	ACERO DE REFUERZO DE 60.000 PSI	KG	29235,9	\$ 3.070	\$ 89.754.207
7.2	COLUMNAS EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 4.000 PSI	M3	61,6	\$ 766.000	\$ 47.201.724
7.3	REMATE SUPERIOR DE COLUMNAS CON GROUTING	M3	0,1	\$ 258.280	\$ 33.576
SUBTOTAL COLUMNAS					\$ 136.989.508

8 PISOS 2, 3 Y CUBIERTA					
8.1	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI	KG	10530,8	\$ 3.070	\$ 32.329.679
8.2	FUNDICIÓN VIGAS EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI	M3	67,0	\$ 586.320	\$ 39.284.144
8.2	FUNDICIÓN LOSA EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI E=15 CM	M2	274,6	\$ 84.690	\$ 23.255.874
SUBTOTAL PISOS 2, 3 Y CUBIERTA					\$ 94.869.696

9 DEMOLICIÓN MUROS FACHADA EJE B					
9.1	DEMOLICIÓN MUROS EN EXISTENTES (LADRILLO)	M2	186,4	\$ 12.840	\$ 2.393.376
9.2	ACARREO INTERNO DE ESCOMBROS	M3	20,83	\$ 5.610	\$ 116.856
9.3	RETIRO DE ESCOMBROS CARGADOS A MÁQUINA	M3	20,83	\$ 16.230	\$ 338.071
SUBTOTAL DEMOLICIÓN MUROS FACHADA EJE B					\$ 2.848.303

VALOR TOTAL					\$ 614.189.863
--------------------	--	--	--	--	-----------------------

Anexo 5. Programación para Alternativa 4.

Id	Nombre de tarea	Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	mar '14	16 mar '14	30 mar '14	13 abr '14	27 abr '14	11 may '14	25 may '14	8 jun '14	22 jun '14	6 jul '14	20 jul '14
						M S X	D J L V	M S X	D J L V	M S X	D J L V	M S X	D J L V	M S X	D J L V	M S
1	EDIFICIO 1 - ALTERNATIVA 4	112 días	sáb 15/03/14	vie 18/07/14												
2	PRELIMINARES	10 días	sáb 15/03/14	mié 26/03/14												
3	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	3 días	sáb 15/03/14	mié 19/03/14												
4	APUNTALAMIENTO DE LOSAS	3 días	mié 19/03/14	vie 21/03/14	3											
5	DEMOLICIÓN DE MUROS INTERIORES PISOS 2 Y 3	3 días	sáb 22/03/14	mié 26/03/14	4											
6	DEMOLICIÓN DE CONTRAPISO PARA EXCAVACIÓN	5 días	lun 17/03/14	vie 21/03/14	3FC-2 días											
7	EXCAVACIÓN A MANO PISO 1 Y NIVELACIÓN DE TERRENO	7 días	mié 19/03/14	mié 26/03/14	6FC-3 días											
8	MURO DE CONTENCIÓN	24 días	jue 27/03/14	mié 23/04/14												
9	EXCAVACIÓN A MANO PARA MURO DE CONTENCIÓN	20 días	jue 27/03/14	vie 18/04/14	7;5											
10	FUNDICIÓN DE ZAPATA Y MURO DE CONTENCIÓN	23 días	jue 27/03/14	mié 23/04/14	9CC+1 día											
11	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN DE CAISSONS A MÁQUINA	2 días	vie 18/04/14	lun 21/04/14	9											
12	CIMENTACIÓN EJE B	44 días	sáb 22/03/14	sáb 10/05/14												
13	EXCAVACIÓN A MANO, ARMADO Y FUNDICIÓN DE ANILLOS PARA CAISSON	36 días	sáb 22/03/14	jue 1/05/14	7FC-4 días											
14	BOMBEO	22 días	mar 1/04/14	jue 24/04/14	13CC+8 días											
15	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CAISSONS DEFINITIVOS	20 días	sáb 12/04/14	lun 5/05/14	13FC-50%;14FC-50%											
16	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CABEZALES SUPERIORES	5 días	lun 5/05/14	sáb 10/05/14	15											
17	LOSA PISO 1	17 días	mié 23/04/14	lun 12/05/14												
18	ARMADO DE VIGAS, VIGUETAS Y LOSA	7 días	mié 23/04/14	mié 30/04/14	10											
19	FUNDICIÓN DE LOSA ALIGERADA ENTRE EJES B Y C	1 día	sáb 10/05/14	lun 12/05/14	18;16											
20	SÓTANO	27,4 días	mar 20/05/14	jue 19/06/14												
21	EXCAVACIÓN A MÁQUINA	5 días	mar 20/05/14	lun 26/05/14	19FC+7 días											
22	DEMOLICIÓN Y RETIRO DE CIMENTACIÓN EXISTENTE	4 días	lun 26/05/14	jue 29/05/14	21											
23	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CABEZALES INFERIORES EN EJE B	1 día	lun 26/05/14	mar 27/05/14	22FC-80%											
24	ARMADO Y FUNDICIÓN DE COLUMNAS EJE B	2 días	jue 29/05/14	sáb 31/05/14	22											
25	DEMOLICIÓN DE ANILLOS EJE B	3 días	vie 30/05/14	mar 3/06/14	23FC-80%;24FC-80%											
26	ARMADO Y FUNDICIÓN DE VIGAS DE CIMENTACIÓN	4 días	mar 3/06/14	vie 6/06/14	25											
27	COMPACTACIÓN SUB RASANTE	2 días	vie 6/06/14	lun 9/06/14	26											
28	COLOCACIÓN SUB-BASE	2 días	lun 9/06/14	mié 11/06/14	27											
29	FUNDICIÓN DE PAVIMENTO	2 días	mié 11/06/14	vie 13/06/14	28											
30	ARMADO Y FUNDICIÓN DE ESCALERA	5 días	vie 13/06/14	jue 19/06/14	29											
31	CIMENTACIÓN EJE A	24 días	lun 26/05/14	vie 20/06/14												
32	EXCAVACIÓN A MANO, ARMADO Y FUNDICIÓN DE ANILLOS PARA CAISSON	12 días	lun 26/05/14	sáb 7/06/14	16;21											
33	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CAISSONS DEFINITIVOS	3 días	sáb 7/06/14	mié 11/06/14	32											
34	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CABEZALES INFERIORES	3 días	mié 11/06/14	vie 13/06/14	33											
35	ARMADO Y FUNDICIÓN DE COLUMNAS EJE A	6 días	sáb 14/06/14	vie 20/06/14	34											
36	PISOS 1-2-3	23 días	vie 20/06/14	mié 16/07/14												
37	FUNDICIÓN DE LOSA ALIGERADA ENTRE EJES A Y B	2 días	vie 20/06/14	lun 23/06/14	35											
38	ARMADO Y FUNDICIÓN COLUMNAS PISO 1	4 días	vie 20/06/14	mié 25/06/14	24;35											
39	ARMADO Y FUNDICIÓN LOSA PISO 2 (EJES AY B)	2 días	mié 25/06/14	vie 27/06/14	38											
40	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS Y COLUMNAS PISO 2	6 días	vie 27/06/14	vie 4/07/14	39;37											
41	ARMADO Y FUNDICIÓN LOSA PISO 3 (EJES AY B)	2 días	vie 4/07/14	lun 7/07/14	40											
42	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS Y COLUMNAS PISO 3	6 días	lun 7/07/14	lun 14/07/14	41											
43	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS DE CUBIERTA	3 días	lun 14/07/14	mié 16/07/14	42											
44	RETIRO DE APUNTALAMIENTO DE LOSAS	1 día	lun 14/07/14	mar 15/07/14	4;42											
45	DEMOLICIÓN MUROS EJE B	2 días	jue 17/07/14	vie 18/07/14	43;44											
46	FIN	0 días	vie 18/07/14	vie 18/07/14	30;45											

18/07

Anexo 6. Presupuesto para Alternativa 4.

PROYECTO HOTEL LA SAGRADA FAMILIA	PRESUPUESTO DE OBRA
ALTERNATIVA 4	

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
------	-------------	-----	-------	----------	----------

1 PRELIMINARES					
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	M2	860,9	\$ 740	\$ 637.051
1.2	APUNTALAMIENTO LOSAS	DIA	106	\$ 115.200	\$ 12.211.200
1.3	DEMOLICIÓN CONTRAPISO PARA EXCAVACION	M2	425,0	\$ 4.230	\$ 1.797.708
SUBTOTAL PRELIMINARES					\$ 14.645.959

2 EXCAVACIONES CAISSONS Y MURO DE CONTENCIÓN					
2.1	EXCAVACIÓN A MANO PARA CAISSON Y SEMICAISSON	M3	476,9	\$ 18.000	\$ 8.583.535
2.2	BOMBEO AGUAS NIVEL FREÁTICO	DÍA	22,0	\$ 98.720	\$ 2.171.840
2.3	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN DE CAISSONS A MÁQUINA	M3	572,2	\$ 15.520	\$ 8.881.097
SUBTOTAL EXCAVACIONES CAISSONS Y MURO DE CONTENCIÓN					\$ 19.636.472

3 CIMENTACION COLUMNAS Y MURO DE CONTENCIÓN					
3.1	ACERO DE REFUERZO DE 60.000 PSI	KG	16955,6	\$ 3.070	\$ 52.053.677
3.2	FUNDICIÓN ANILLOS DE PROTECCIÓN DE EXCAVACIÓN EN CONCRETO PREPARADO EN OBRA 3000 PSI	M3	36,5	\$ 456.680	\$ 16.688.564
3.3	SOLADO DE LIMPIEZA ZAPATAS E= 5 cm	M2	79,4	\$ 16.000	\$ 1.271.040
3.4	FUNDICIÓN MUROS DE CONTENCIÓN CONCRETO PREPARADO EN SITIO 3000 PSI	M3	46,0	\$ 475.320	\$ 21.852.837
3.5	FUNDICIÓN ZAPATA MUROS DE CONTENCIÓN CONCRETO PREMEZCLADO 3000 PSI	M3	29,4	\$ 446.620	\$ 13.141.347
3.6	FUNDICIÓN CAISSON CONCRETO PREMEZCLADO 3000 PSI	M3	25,4	\$ 432.590	\$ 11.008.075
3.7	FUNDICIÓN CABEZAL SUPERIOR CAISSON CONCRETO FLUIDO PREMEZCLADO 4.000 PSI	M3	20,0	\$ 405.226	\$ 8.096.415
3.8	PERFORACIONES D=1" X 25 CM DE PROFUNDIDAD	UND	60,0	\$ 49.820	\$ 2.989.200
3.9	FUNDICIÓN CABEZAL INFERIOR CAISSON CONCRETO PREMEZCLADO 3.000 PSI	M3	20,0	\$ 354.385	\$ 7.080.612
3,10	FUNDICIÓN ZAPATA CONCRETO PREMEZCLADO 3.000 PSI	M3	13,7	\$ 354.385	\$ 4.847.987
SUBTOTAL CIMENTACION COLUMNAS Y MURO DE CONTENCIÓN					\$ 139.029.754

4 LOSA PISO 1					
4.1	EXCAVACIÓN A MANO Y NIVELACIÓN DE TERRENO	M3	131,7	\$ 11.172	\$ 1.471.017
4.2	SOLADO DE LIMPIEZA E= 5 cm VIGAS PRINCIPALES Y CABEZALES	M2	146,0	\$ 16.000	\$ 2.336.576
4.3	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI	KG	9416,7	\$ 3.070	\$ 28.909.116
4.4	MALLA ELECTROSOLDADA D=6.0 MM A 15 CM	KG	911,7	\$ 4.390	\$ 4.002.241
4.5	FUNDICIÓN VIGAS EN CONCRETO PREMEZCLADO 3.000 PSI	M3	15,8	\$ 586.320	\$ 9.261.423
4.6	FUNDICIÓN LOSA ALIGERADA EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI H=40 CM	M2	292,2	\$ 106.170	\$ 31.020.751
4.7	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN CON MÁQUINA	M3	158,0	\$ 25.500	\$ 4.029.102
SUBTOTAL LOSA PISO 1					\$ 81.030.225

5 EXCAVACIÓN Y DEMOLICIÓN EN SOTANO					
5.1	EXCAVACIÓN A MÁQUINA TIERRA BAJO LOSA PISO 1 (INCL RETIRO)	M3	679,0	\$ 22.840	\$ 15.508.817
5.2	DEMOLICIÓN ANILLOS DE CONCRETO SOTANO (INCL RETIRO)	M3	14,8	\$ 110.000	\$ 1.629.631
5.3	DEMOLICIÓN CIMIENTOS EXISTENTES (INCL RETIRO)	M3	48,4	\$ 145.130	\$ 7.024.292
SUBTOTAL EXCAVACIÓN Y DEMOLICIÓN SOTANO					\$ 24.162.740

PROYECTO HOTEL LA SAGRADA FAMILIA	PRESUPUESTO DE OBRA
ALTERNATIVA 4	

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
------	-------------	-----	-------	----------	----------

6 LOSA SOTANO					
6.1	EXCAVACIÓN A MANO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN Y CABEZALES CAISSON EJE B	M3	47,4	\$ 13.710	\$ 649.306
6.2	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI	KG	1945,5	\$ 3.070	\$ 5.972.746
6.3	MALLA ELECTROSOLDADA D=6.0 MM A 15 CM	KG	774,3	\$ 4.390	\$ 3.398.998
6.4	SOLADO DE LIMPIEZA E= 5 cm	M2	42,1	\$ 16.000	\$ 674.096
6.5	FUNDICIÓN VIGAS DE CIMENTACIÓN CONCRETO 3.000 PSI	M3	21,1	\$ 698.000	\$ 14.703.719
6.6	SEMI COMPACTACIÓN SUBRASANTE	M2	263,7	\$ 2.370	\$ 624.851
6.7	SUB-BASE (ROCA MUERTA IP<12), 95% PM	M3	79,1	\$ 41.550	\$ 3.286.397
6.8	PAVIMENTO EN CONCRETO MR-35 E=12 cm (CONTRAPISO)	M2	257,0	\$ 52.512	\$ 13.494.140
6.9	FUNDICIÓN ESCALERA DE ACCESO SOTANO	M3	1,70	\$ 733.080	\$ 1.246.236
6.10	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN A MÁQUINA	M3	56,8	\$ 15.520	\$ 882.033
SUBTOTAL LOSA SOTANO					\$ 44.932.521

7 COLUMNAS					
7.1	ACERO DE REFUERZO DE 60.000 PSI	KG	29092,1	\$ 3.070	\$ 89.312.716
7.2	COLUMNAS EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 4.000 PSI	M3	33,8	\$ 766.000	\$ 25.898.460
7.3	REMATE SUPERIOR DE COLUMNAS CON GROUTING	M3	0,1	\$ 258.280	\$ 33.576
SUBTOTAL COLUMNAS					\$ 115.244.753

8 PISOS 2, 3 Y CUBIERTA					
8.1	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI	KG	10530,8	\$ 3.070	\$ 32.329.679
8.2	FUNDICIÓN VIGAS EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI	M3	67,0	\$ 586.320	\$ 39.284.144
8.2	FUNDICIÓN LOSA EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI E=15 CM	M2	274,6	\$ 84.690	\$ 23.255.874
SUBTOTAL PISOS 2, 3 Y CUBIERTA					\$ 94.869.696

9 DEMOLICIÓN MUROS FACHADA EJE B					
9.1	DEMOLICIÓN MUROS EN EXISTENTES (LADRILLO)	M2	186,4	\$ 12.840	\$ 2.393.376
9.2	ACARREO INTERNO DE ESCOMBROS	M3	20,83	\$ 5.610	\$ 116.856
9.3	RETIRO DE ESCOMBROS CARGADOS A MÁQUINA	M3	20,83	\$ 16.230	\$ 338.071
SUBTOTAL DEMOLICIÓN MUROS FACHADA EJE B					\$ 2.848.303

VALOR TOTAL					\$ 536.400.422
--------------------	--	--	--	--	-----------------------

Anexo 7. Programación de la obra ejecutada.

Nombre de tarea		Duración	Comienzo	Fin	Predecesoras	Sucesoras	19 ene '14	9 mar '14	27 abr '14	15 jun '14	3 ago '14	21 sep '14	9 nov '14	28 dic '14	15 feb '15	5 abr '15										
							14	6	1	24	16	9	1	24	17	9	1	24	17	9	2	25	17	9	4	27
1	EDIFICIO 1 - REAL	331,63 días	sáb 15/03/14	sáb 21/03/15																						
2	PRELIMINARES	27,75 días	sáb 15/03/14	mié 16/04/14																						
3	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	2 días	sáb 15/03/14	mar 18/03/14		6FC-2 días;4																				
4	APUNTALAMIENTO DE LOSAS	2 días	mar 18/03/14	jue 20/03/14	3	48;5																				
5	DEMOLICIÓN DE MUROS INTERIORES PISOS 2 Y 3	9 días	sáb 5/04/14	mié 16/04/14	4	9																				
6	DEMOLICIÓN DE CONTRAPISO PARA EXCAVACIÓN	5 días	jue 27/03/14	mié 2/04/14	3FC-2 días	7FC-3 días																				
7	EXCAVACIÓN A MANO PISO 1 Y NIVELACIÓN DE TERRENO	7 días	sáb 29/03/14	lun 7/04/14	6FC-3 días	9;13FC-4 días																				
8	MURO DE CONTENCIÓN	24 días	jue 12/06/14	mié 9/07/14																						
9	EXCAVACIÓN A MANO PARA MURO DE CONTENCIÓN	20 días	jue 12/06/14	vie 4/07/14	7;5	10CC+1 día;11																				
10	FUNDICIÓN DE ZAPATA Y MURO DE CONTENCIÓN	23 días	vie 13/06/14	mié 9/07/14	9CC+1 día	18																				
11	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN DE CAISSONS A MÁQUINA	4 días	vie 4/07/14	mié 9/07/14	9																					
12	CIMENTACIÓN EJE B	61,75 días	lun 9/06/14	sáb 16/08/14																						
13	EXCAVACIÓN A MANO, ARMADO Y FUNDICIÓN DE ANILLOS PARA CAISSON	37,25 días	lun 9/06/14	sáb 19/07/14	7FC-4 días	15FC-50%;14CC+8 d																				
14	BOMBEO	23 días	vie 27/06/14	mié 23/07/14	13CC+8 días	15FC-50%																				
15	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CAISSONS DEFINITIVOS	9,38 días	mar 15/07/14	jue 24/07/14	13FC-50%;14FC-	16FC-4 días																				
16	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CABEZALES SUPERIORES	24 días	lun 21/07/14	sáb 16/08/14	15FC-4 días	19;31																				
17	LOSA PISO 1	10,63 días	mié 13/08/14	lun 25/08/14																						
18	ARMADO DE VIGAS, VIGUETAS Y LOSA	9 días	mié 13/08/14	vie 22/08/14	10	19																				
19	FUNDICIÓN DE LOSA ALIGERADA ENTRE EJES B Y C	1 día	sáb 23/08/14	lun 25/08/14	18;16	21FC+7 días;36																				
20	SÓTANO	179,88 días	mar 2/09/14	sáb 21/03/15																						
21	EXCAVACIÓN A MÁQUINA	5 días	mar 2/09/14	lun 8/09/14	19FC+7 días	22;31																				
22	DEMOLICIÓN Y RETIRO DE CIMENTACIÓN EXISTENTE	34,38 días	lun 8/09/14	mié 15/10/14	21	23FC-80%;24FC-80%																				
23	ARMADO Y FUNDICIÓN DE CABEZALES INFERIORES EN EJE B	50,38 días	sáb 20/09/14	sáb 15/11/14	22FC-80%	25FC-80%																				
24	ARMADO Y FUNDICIÓN DE COLUMNAS EJE B	24 días	lun 22/09/14	sáb 18/10/14	22FC-80%	25FC-80%;37																				
25	DEMOLICIÓN DE ANILLOS EJE B	4,88 días	sáb 25/10/14	jue 30/10/14	23FC-80%;24FC-																					
26	ARMADO Y FUNDICIÓN DE VIGAS DE CIMENTACIÓN	49,75 días	mié 5/11/14	mar 30/12/14		27																				
27	COMPACTACIÓN SUB RASANTE	2 días	lun 16/02/15	mar 17/02/15	26	28																				
28	COLOCACIÓN SUB-BASE	2 días	mié 18/02/15	jue 19/02/15	27	29																				
29	FUNDICIÓN DE PAVIMENTO	14 días	vie 6/03/15	sáb 21/03/15	28																					
30	CIMENTACIÓN EJE A	33,25 días	jue 23/10/14	vie 28/11/14																						
31	EXCAVACIÓN A MANO PARA ZAPATAS	12 días	jue 23/10/14	mié 5/11/14	16;21	32FC-80%																				
32	ARMADO Y FUNDICIÓN DE ZAPATAS	3,75 días	mié 12/11/14	sáb 15/11/14	31FC-80%	33FC-80%																				
33	ARMADO Y FUNDICIÓN DE COLUMNAS EJE A	6 días	sáb 22/11/14	vie 28/11/14	32FC-80%	35FC-60%;38																				
34	PISOS 1-2-3	152,13 días	vie 12/09/14	lun 2/03/15																						
35	FUNDICIÓN DE LOSA ALIGERADA ENTRE EJES A Y B	2 días	vie 28/11/14	lun 1/12/14	33FC-60%	38																				
36	ARMADO Y FUNDICIÓN COLUMNAS PISO 1-EJE C	23,63 días	vie 12/09/14	mié 8/10/14	19	40																				
37	ARMADO Y FUNDICIÓN COLUMNAS PISO 1-EJE B	4 días	lun 20/10/14	jue 23/10/14	24	41																				
38	ARMADO Y FUNDICIÓN COLUMNAS PISO 1- EJE A	7 días	mar 2/12/14	mar 9/12/14	33;35	39FF																				
39	ARMADO Y FUNDICIÓN LOSA PISO 2 (EJES A Y B)	2 días	sáb 6/12/14	mar 9/12/14	38FF	42																				
40	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS Y COLUMNAS PISO 2-EJE C	6 días	vie 10/10/14	jue 16/10/14	36	44																				
41	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS Y COLUMNAS PISO 2-EJE B	6 días	sáb 25/10/14	vie 31/10/14	37	45																				
42	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS Y COLUMNAS PISO 2-EJE A	4 días	vie 12/12/14	mar 16/12/14	39	43FF																				
43	ARMADO Y FUNDICIÓN LOSA PISO 3 (EJES A Y B)	2 días	lun 15/12/14	mar 16/12/14	42FF	46																				
44	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS Y COLUMNAS PISO 3-EJE C	3 días	mar 25/11/14	jue 27/11/14	40	47;48																				
45	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS Y COLUMNAS PISO 3-EJE B	6 días	sáb 13/12/14	vie 19/12/14	41	47FF;48																				
46	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS Y COLUMNAS PISO 3-EJE A	3 días	mié 17/12/14	vie 19/12/14	43	47FF;48																				
47	ARMADO Y FUNDICIÓN VIGAS DE CUBIERTA	3 días	mié 17/12/14	vie 19/12/14	46FF;45FF;44	49																				
48	RETIRO DE APUNTALAMIENTO DE LOSAS	1 día	sáb 28/02/15	lun 2/03/15	4;46;45;44	49																				
49	DEMOLICIÓN MUROS EJE B	2 días	lun 2/03/15	mié 4/03/15	47;48	50																				
50	FIN	0 días	mié 4/03/15	mié 4/03/15	49																		</			

Anexo 8. Cantidades y costos de la obra ejecutada.

PROYECTO HOTEL LA SAGRADA FAMILIA	PRESUPUESTO DE OBRA
REAL	

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
------	-------------	-----	-------	----------	----------

1 PRELIMINARES					
1.1	LOCALIZACIÓN Y REPLANTEO	M2	860,9	\$ 740	\$ 637.051
1.2	APUNTALAMIENTO LOSAS	DIA	349	\$ 80.700	\$ 28.164.300
1.3	DEMOLICIÓN CONTRAPISO PARA EXCAVACION	M2	425,0	\$ 4.230	\$ 1.797.708
SUBTOTAL PRELIMINARES					\$ 30.599.059

2 EXCAVACIONES CAISSONS Y MURO DE CONTENCIÓN					
2.1	EXCAVACIÓN A MANO PARA CAISSON Y SEMICAISSON	M3	476,9	\$ 18.000	\$ 8.583.535
2.2	BOMBEO AGUAS NIVEL FREÁTICO	DÍA	23,0	\$ 98.720	\$ 2.270.560
2.3	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN DE CAISSONS A MÁQUINA	M3	572,2	\$ 15.520	\$ 8.881.097
SUBTOTAL EXCAVACIONES CAISSONS Y MURO DE CONTENCIÓN					\$ 19.735.192

3 CIMENTACION COLUMNAS Y MURO DE CONTENCIÓN					
3.1	ACERO DE REFUERZO DE 60.000 PSI	KG	16955,6	\$ 3.070	\$ 52.053.677
3.2	FUNDICIÓN ANILLOS DE PROTECCIÓN DE EXCAVACIÓN EN CONCRETO PREPARADO EN OBRA 3000 PSI	M3	36,5	\$ 456.680	\$ 16.688.564
3.3	SOLADO DE LIMPIEZA ZAPATAS E= 5 cm	M2	79,4	\$ 16.000	\$ 1.271.040
3.4	FUNDICIÓN MUROS DE CONTENCIÓN CONCRETO PREPARADO EN SITIO 3000 PSI	M3	46,0	\$ 475.320	\$ 21.852.837
3.5	FUNDICIÓN ZAPATA MUROS DE CONTENCIÓN CONCRETO PREMEZCLADO 3000 PSI	M3	29,4	\$ 446.620	\$ 13.141.347
3.6	FUNDICIÓN CAISSON CONCRETO PREMEZCLADO 3000 PSI	M3	25,4	\$ 432.590	\$ 11.008.075
3.7	FUNDICIÓN CABEZAL SUPERIOR CAISSON CONCRETO FLUIDO PREMEZCLADO 4.000 PSI	M3	20,0	\$ 405.226	\$ 8.096.415
3.8	PERFORACIONES D=1" X 25 CM DE PROFUNDIDAD	UND	60,0	\$ 49.820	\$ 2.989.200
3.9	FUNDICIÓN CABEZAL INFERIOR CAISSON CONCRETO PREMEZCLADO 3.000 PSI	M3	20,0	\$ 354.385	\$ 7.080.612
3,10	FUNDICIÓN ZAPATA CONCRETO PREMEZCLADO 3.000 PSI	M3	13,7	\$ 354.385	\$ 4.847.987
SUBTOTAL CIMENTACION COLUMNAS Y MURO DE CONTENCIÓN					\$ 139.029.754

4 LOSA PISO 1					
4.1	EXCAVACIÓN A MANO Y NIVELACIÓN DE TERRENO	M3	131,7	\$ 11.172	\$ 1.471.017
4.2	SOLADO DE LIMPIEZA E= 5 cm VIGAS PRINCIPALES Y CABEZALES	M2	146,0	\$ 16.000	\$ 2.336.576
4.3	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI	KG	9416,7	\$ 3.070	\$ 28.909.116
4.4	MALLA ELECTROSOLDADA D=6.0 MM A 15 CM	KG	911,7	\$ 4.390	\$ 4.002.241
4.5	FUNDICIÓN VIGAS EN CONCRETO PREMEZCLADO 3.000 PSI	M3	15,8	\$ 586.320	\$ 9.261.423
4.6	FUNDICIÓN LOSA ALIGERADA EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI H=40 CM	M2	292,2	\$ 106.170	\$ 31.020.751
4.7	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN CON MÁQUINA	M3	158,0	\$ 25.500	\$ 4.029.102
SUBTOTAL LOSA PISO 1					\$ 81.030.225

5 EXCAVACIÓN Y DEMOLICIÓN EN SOTANO					
5.1	EXCAVACIÓN A MÁQUINA TIERRA BAJO LOSA PISO 1 (INCL RETIRO)	M3	674,0	\$ 22.840	\$ 15.394.251
5.2	DEMOLICIÓN ANILLOS DE CONCRETO SOTANO (INCL RETIRO)	M3	14,8	\$ 110.000	\$ 1.629.631
5.3	DEMOLICIÓN CIMIENTOS EXISTENTES (INCL RETIRO)	M3	48,4	\$ 145.130	\$ 7.024.292
SUBTOTAL EXCAVACIÓN Y DEMOLICIÓN SOTANO					\$ 24.048.174

PROYECTO HOTEL LA SAGRADA FAMILIA	PRESUPUESTO DE OBRA
REAL	

ITEM	DESCRIPCION	UND	CANT.	VR. UNIT	VR.TOTAL
------	-------------	-----	-------	----------	----------

6 LOSA SOTANO					
6.1	EXCAVACIÓN A MANO DE VIGAS DE CIMENTACIÓN Y CABEZALES CAISSON EJE B	M3	47,2	\$ 13.710	\$ 646.800
6.2	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI	KG	1792,5	\$ 3.070	\$ 5.503.036
6.3	MALLA ELECTROSOLDADA D=6.0 MM A 15 CM	KG	774,3	\$ 4.390	\$ 3.398.998
6.4	SOLADO DE LIMPIEZA E= 5 cm	M2	42,1	\$ 16.000	\$ 674.096
6.5	FUNDICIÓN VIGAS DE CIMENTACIÓN CONCRETO 3.000 PSI	M3	27,2	\$ 698.000	\$ 18.983.681
6.6	SEMI COMPACTACIÓN SUBRASANTE	M2	189,2	\$ 2.370	\$ 448.309
6.7	SUB-BASE (ROCA MUERTA IP<12), 95% PM	M3	56,7	\$ 41.550	\$ 2.357.879
6.8	PAVIMENTO EN CONCRETO MR-35 E=12 cm (CONTRAPISO)	M2	261,4	\$ 52.512	\$ 13.729.000
6.9	RETIRO SALDOS DE EXCAVACIÓN A MÁQUINA	M3	56,6	\$ 15.520	\$ 878.629
SUBTOTAL LOSA SOTANO					\$ 46.620.428

7 COLUMNAS					
7.1	ACERO DE REFUERZO DE 60.000 PSI	KG	28554,6	\$ 3.070	\$ 87.662.591
7.2	COLUMNAS EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 4.000 PSI	M3	57,5	\$ 766.000	\$ 44.029.106
7.3	REMATE SUPERIOR DE COLUMNAS CON GROUTING	M3	0,1	\$ 258.280	\$ 33.576
SUBTOTAL COLUMNAS					\$ 131.725.273

8 PISOS 2, 3 Y CUBIERTA					
8.1	ACERO DE REFUERZO 60.000 PSI	KG	7600,0	\$ 3.070	\$ 23.332.092
8.2	MALLA ELECTROSOLDADA D=6.0 MM A 15 CM	KG	516,2	\$ 4.390	\$ 2.266.329
8.3	FUNDICIÓN VIGAS EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI	M3	67,0	\$ 586.320	\$ 39.284.144
8.4	FUNDICIÓN LOSA ALIGERADA EN CONCRETO PREMEZCLADO DE 3.000 PSI H=40 CM	M2	274,6	\$ 106.170	\$ 29.154.282
SUBTOTAL PISOS 2, 3 Y CUBIERTA					\$ 94.036.846

9 DEMOLICIÓN MUROS FACHADA EJE B					
9.1	DEMOLICIÓN MUROS EN EXISTENTES (LADRILLO)	M2	186,4	\$ 12.840	\$ 2.393.376
9.2	ACARREO INTERNO DE ESCOMBROS	M3	20,83	\$ 5.610	\$ 116.856
9.3	RETIRO DE ESCOMBROS CARGADOS A MÁQUINA	M3	20,83	\$ 16.230	\$ 338.071
SUBTOTAL DEMOLICIÓN MUROS FACHADA EJE B					\$ 2.848.303

VALOR TOTAL					\$ 569.673.255
-------------	--	--	--	--	----------------