



**PROPUESTA DE MANUAL DE
RECOMENDACIONES PARA
ENFRENTAR LOS DESAFÍOS EN LA
CONSTRUCCIÓN Y TERMINACIÓN DE
MUROS CURVOS DE HORMIGÓN VISTO
EN LA FACHADA: EL CASO DEL
EDIFICIO FLORAMATIC**

Proyecto de Título para optar al título de
Constructor Civil

Estudiante:
Díaz Ugalde, José Luis.

Profesor Guía:
Sr. Cabaña Chávez, Carlos Alberto.

Santiago de Chile, 2024



INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, el hormigón armado ha evolucionado, no solo como elemento estructural, sino también como una herramienta expresiva en la Arquitectura. El “hormigón arquitectónico”, se refiere al hormigón que, además de cumplir funciones estructurales, contribuye de manera destacada a la estética visual del edificio. (Cifuentes, 2012, pág. 40)

El Proyecto Floramatic, ubicado en el Parque Industrial Enea, Pudahuel, destaca por su arquitectura particular. A pesar de ser un edificio corporativo, su diseño se caracteriza por muros curvos con terminación de hormigón visto.

La participación del autor en la construcción del proyecto proporciona una visión única de los desafíos en cada etapa del proceso. Los resultados finales, especialmente en términos estéticos, destacan el énfasis puesto en la planificación, los controles de calidad en cada fase de ejecución, y la mano de obra calificada, entre otros aspectos.

Disponibilidad de proveedores de encofrados que puedan cumplir con los requerimientos técnicos de muros curvo y fueran del tipo modular, debido al gran área de la fachada.

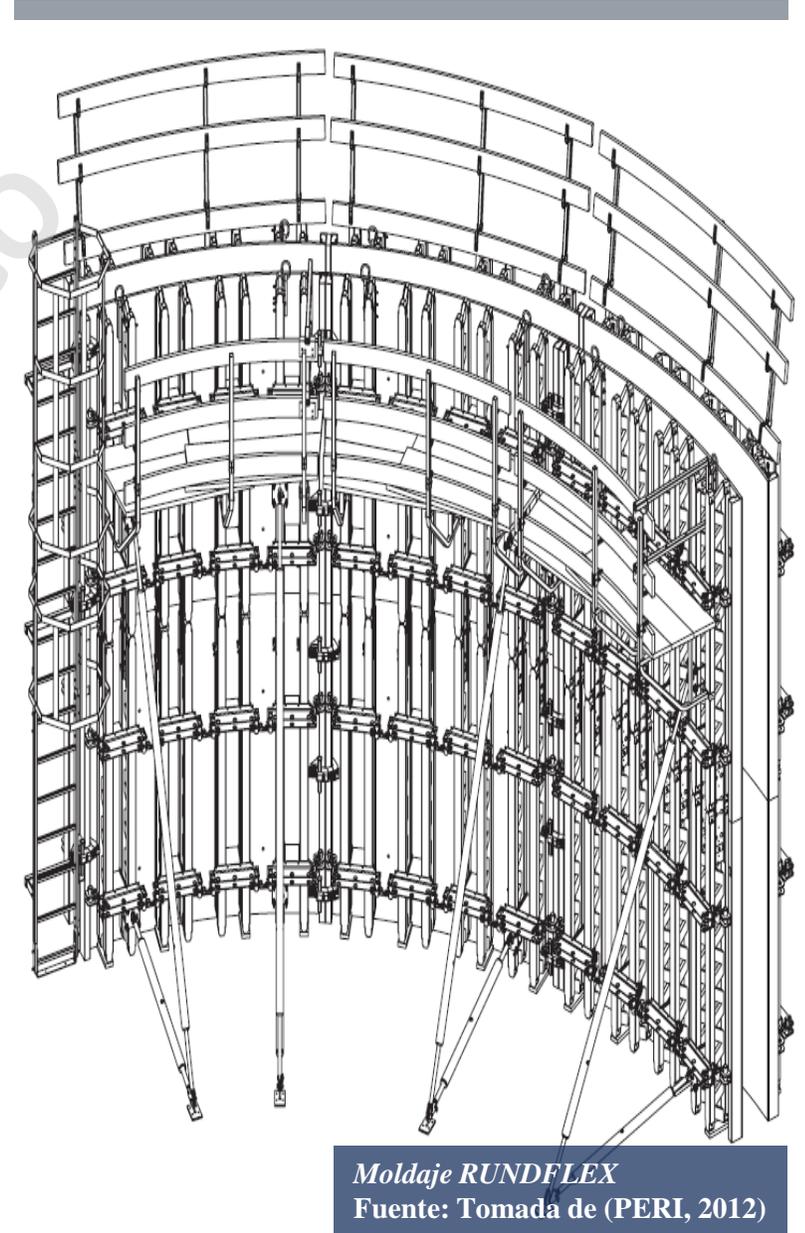
Coordinación y experiencia entre todas las partes participantes del proyecto, con el fin de poder resolver los diferentes desafíos y entregarle al cliente los resultados técnicos y estéticos esperados.

INTRODUCCIÓN

Marcado interés por encontrar una solución de moldaje para muro curvo, que tenga características de moldajes convencionales de muros rectos, tales como la estandarización de los módulos y un proceso repetitivo de instalación.

Falta de información técnica y mano de obra especializada para ejecutar muros de hormigón visto en fachadas y muros interiores.

Importancia de la innovación, colaboración y planificación exitosa de proyectos arquitectónicos desafiantes



OBJETIVOS

Objetivo General

Identificar y caracterizar los principales desafíos encontrados durante la construcción de muros curvos con terminación de hormigón visto en el proyecto Floramatic, con el fin de proporcionar conocimientos esenciales para la elaboración de un manual de recomendaciones técnicas.

Objetivo específico N°1: Recopilar y analizar de fuentes bibliográficas relacionadas a la construcción de muros curvos de hormigón, con el objetivo unificar criterios en los procesos constructivos para alcanzar la terminación de hormigón a la vista.

Objetivo específico N°2: Identificar y caracterizar las dificultades relacionadas con mantener la curvatura de los muros a medida que se construyen los niveles superiores, el control de la estanqueidad del moldaje y los desafíos asociados a la compactación del hormigón durante la construcción de la fachada de hormigón visto en la ejecución del proyecto Floramatic.

Objetivo específico N°3: Revelar la importancia de una correcta instalación de moldaje para evitar los problemas en la curvatura y acabado en los muros de hormigón visto identificados durante la ejecución del proyecto Floramatic.

Objetivo específico N°4: Analizar, procesar y organizar los datos y antecedentes recolectados durante la investigación, conforme a la estructura de un documento técnico en la forma de manual de recomendaciones técnicas destinado a la ejecución de muros curvos de hormigón visto.

METODOLOGÍA



Moldaje muros curvos 2° piso
Fuente: Captura propia

METODOLOGÍA



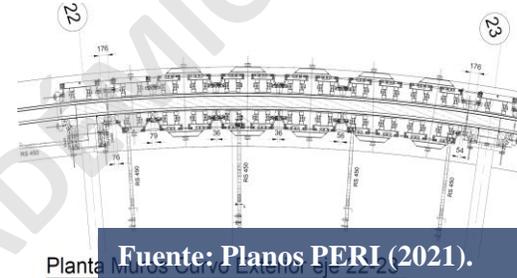
MANUAL DEL
CONSTRUCTOR



NORMA CHILENA OFICIAL

Revisión Bibliográfica.

Revisión de literatura relevante sobre la construcción de muros de hormigón armado, tales como manual del constructor Polpaico, manuales técnicos Melón, Nch170, NCh1019, entre otros.



Planta

Fuente: Planos PERI (2021).



Fuente: Captura propia.



Fuente: Captura propia.

Estudio de caso.

Revisar y analizar registros fotográficos, planos e informes semanales.

Identificar y caracterizar dificultades asociadas a la construcción de muros curvos.

METODOLOGÍA



Análisis de dificultades y soluciones en Floramatic.

Análisis detallado de los desafíos encontrados durante la ejecución del proyecto, en donde se incluirán las documentaciones de las soluciones implementadas, evaluando su efectividad.



Confección manual de recomendaciones.

Buscar bibliografía relacionada a la estructura y metodología para elaborar un manual de recomendaciones técnicas.

Con los datos recabados, confeccionar manual de recomendaciones.

CAPÍTULO I: CONTEXTO Y ANTECEDENTES



LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

Ubicado en la región Metropolitana, específicamente en el Parque Industrial ENEA, que se encuentra en la comuna de Pudahuel, el proyecto tiene como finalidad ser la nueva planta productiva de Industrias Floramatic.

Floramatic es una empresa especializada en la creación y comercialización en sabores, colores y fragancias de alimentos, cuidado personal, salud y productos para el hogar.

En el año 2019 toman la decisión de construir una nueva planta industrial, para poder triplicar la producción. (Floramatic, 2019)

floramatic



Fotografía satelital
Fuente: tomada de (Google EARTH, 2023)

ANTECEDENTES DEL DEL PROYECTO

Permiso de edificación N°167 / 19 otorgado por la Ilustre Municipalidad de Pudahuel en el año 2019.

SUPERFICIE TOTAL DEL TERRENO:
10.055,36 m²

SUPERFICIE EDIFICADA TOTAL:
7.239,15 m²

7.- CARACTERÍSTICAS DEL PROYECTO			
7.1.- DESTINO(S) CONTEMPLADO(S)			
<input type="checkbox"/> RESIDENCIAL Art. 2.1.25. OGUC.	DESTINO ESPECÍFICO:	*****	
<input type="checkbox"/> EQUIPAMIENTO ART. 2.1.33. OGUC.	CLASE ART. 2.1.33 OGUC	ACTIVIDAD	ESCALA ART. 2.1.36. OGUC
<input checked="" type="checkbox"/> ACTIVIDADES PRODUCTIVAS Art. 2.1.28. OGUC.	DESTINO ESPECÍFICO:	INDUSTRIA	*****
<input type="checkbox"/> INFRAESTRUCTURA Art. 2.1.29. OGUC.	DESTINO ESPECÍFICO:	*****	*****
<input type="checkbox"/> OTROS	(ESPECIFICAR)	*****	*****
7.2.- SUPERFICIES			
	UTIL (M2)	COMUN (M2)	TOTAL (M2)
S. EDIFICADA BAJO TERRENO	0	***	0
S. EDIFICADA SOBRE TERRENO	7.239,15	***	7.239,15
S. EDIFICADA TOTAL	7.239,15	***	7.239,15
SUPERFICIE TOTAL TERRENO (M2)	10.055,36		

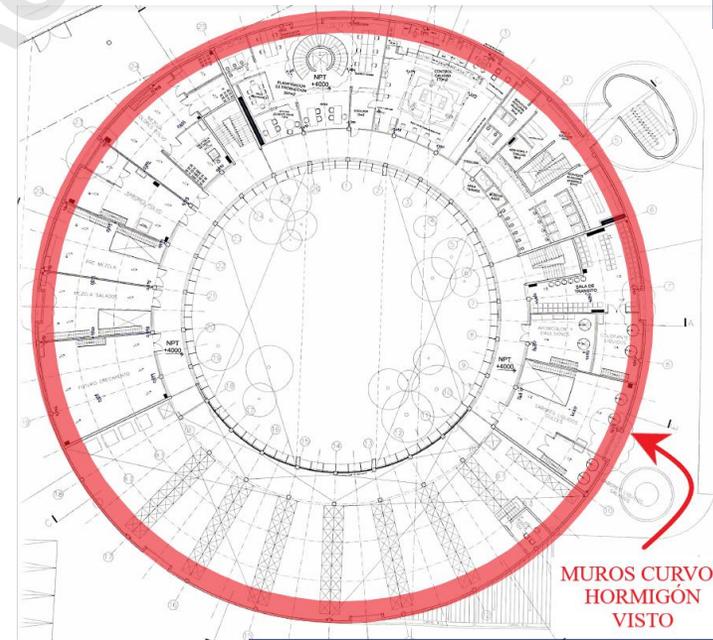
Fuente: (Municipalidad Pudahuel, 2021)

Tabla 1. "Datos Muros Curvos Floramatic"

MUROS CURVOS FLORAMATIC

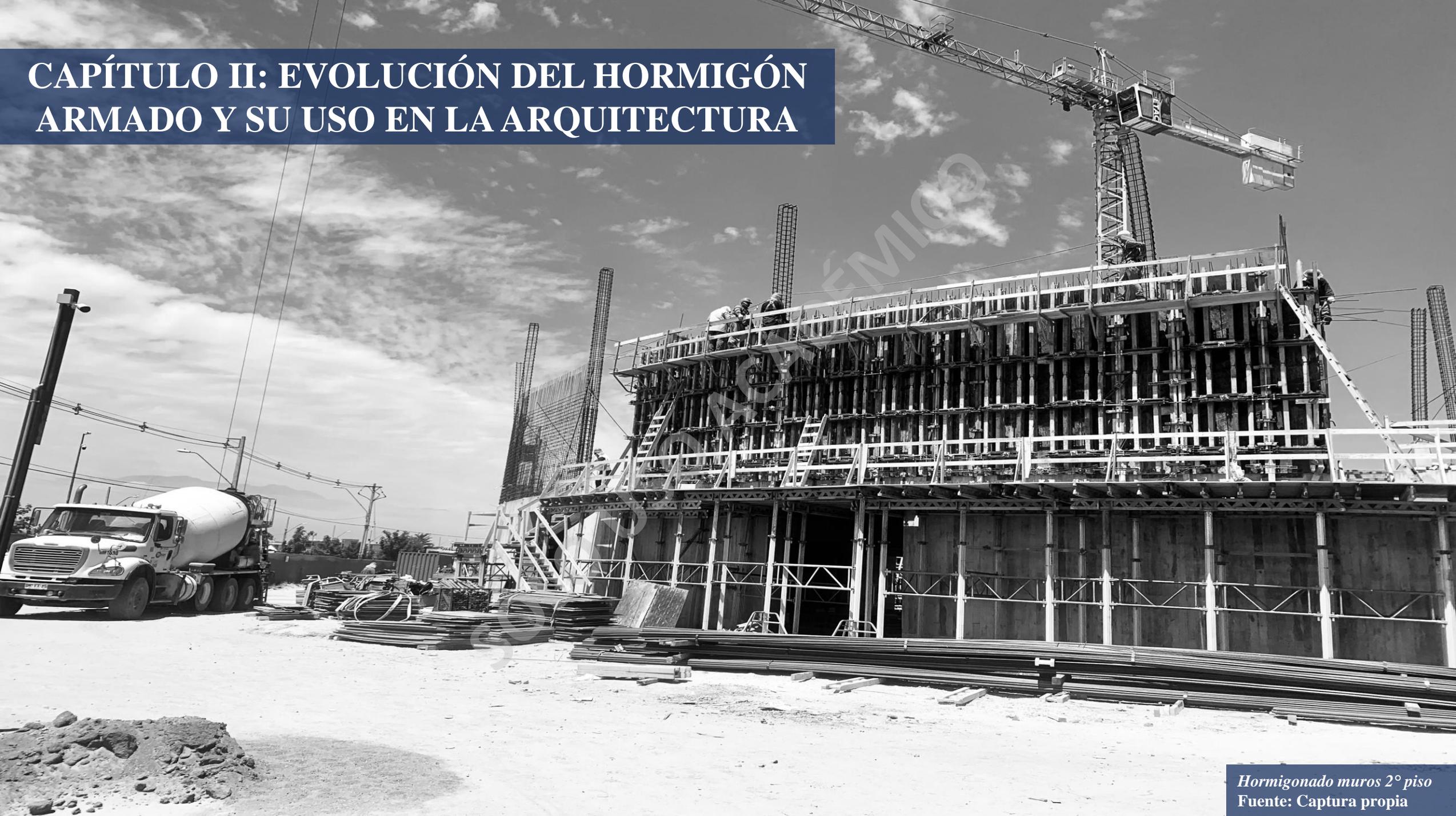
ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD
1	Espesor de muros	m	0,25
2	Altura total	m	12,8
3	Superficie terminación a la vista	m ²	2733,1
4	Volumen hormigón muros	m ³	683,3

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: (Planta Arquitectura, 2021)

CAPÍTULO II: EVOLUCIÓN DEL HORMIGÓN ARMADO Y SU USO EN LA ARQUITECTURA



Hormigonado muros 2° piso
Fuente: Captura propia

IMPORTANCIA DEL HORMIGÓN VISTO EN PROYECTOS ARQUITECTÓNICOS.

1. El origen del término hormigón “a la vista” surge a principios del siglo XX. (Cifuentes, 2012)
2. Ingenieros y Arquitectos buscan cada vez más expresiones artísticas de alto nivel en las que el hormigón juega un papel relevante. (López Vidal & Bartolomé Muñoz, 2019).
3. La construcción de hormigón visto busca aprovechar las propiedades del molde en la etapa de fraguado para obtener superficies sin defectos (López, Zervino & Traversa, 2009)
4. El proceso constructivo más importante es el **encofrado o moldaje**, ya que este depende el diseño, la textura y color de la superficie de hormigón con una buena calidad de terminación. (Cifuentes, 2012)



Memorial UC San Carlos de Apoquindo
Fuente: Tomada de (Ganderats, 2020)



l'Unité d'habitation (1952)
Fuente: Tomada de (Silva, 2024)



Centro de Innovación Anacleto Angelini
Fuente: Tomada de (Mincap, 2015)

REVISIÓN DE LA BIBLIOGRAFÍA SOBRE CONSTRUCCIÓN DE MUROS DE HORMIGÓN VISTO

Tabla 2. "Etapas de la Obra Gruesa"

OBRA GRUESA

ITEM	ACTIVIDAD
1	Trazado o replanteo en el terreno
2	Excavaciones
3	Mejoramiento del suelo
4	Emplantillado
5	Fundaciones de Hormigón
6	Sobrecimientos
7	Rellenos
8	Pilares, columnas y machones
9	Muros de hormigón armado
10	Muros de albañilería de ladrillos cerámicos y bloques huecos de hormigón de cemento
11	Cadena
12	Vigas y dinteles
13	Losas de hormigón armado
14	Radieres

Fuente: Elaborado a partir de (Polpaico, 2021)

Armadura de muros

Moldaje de muros

Vaciado de hormigón

Descimbre y curado



Fuente: Captura propia

ENFIERRADURA DE MUROS

Colocación de barras de acero de construcción, tanto verticales como, que conforman la estructura de soporte del muro de hormigón armado. Estas barras se entrelazan y se fijan entre sí mediante uniones de alambre recocido, conocidas como “amarras”.

La disposición, dimensión, diámetro y forma de estas piezas son determinadas por un Ingeniero Civil, quién es un profesional competente en el área del cálculo estructural, El establece el tipo de acero a utilizar, así como las especificaciones técnicas necesarias para garantizar la resistencia y durabilidad del muro. (Toirac, Corral, 2004)

Se instalan separadores plásticos para garantizar el espesor de recubrimiento especificado y prevenir que los fierros queden expuestos, lo cual podría dañar la textura o la terminación del hormigón.



Terminación hormigón visto en tabla
Fuente: Captura propia



Moldaje mixto RUNDFLEX de PERI
Fuente: (Tomada de PERI, 2024)

ENCOFRADO DE MUROS

El encofrado actúa como el recipiente y molde que materializa el diseño del hormigón arquitectónico. El tipo de moldaje empleado determinará la terminación del elemento, reflejando la intencionalidad del arquitecto. (López Vidal & Bartolomé Muñoz, 2019)

La calidad del trabajo, la repetición del uso de moldes y la cantidad de reutilizaciones, junto con el tipo de material del molde, son factores clave en la selección de los moldajes. (Mansilla Torres, 2003)

Según su materialidad los moldajes pueden clasificarse en moldajes de madera, moldajes metálicos y moldajes mixtos.



Moldaje metálico modular TRIO de PERI
Fuente: Captura propia

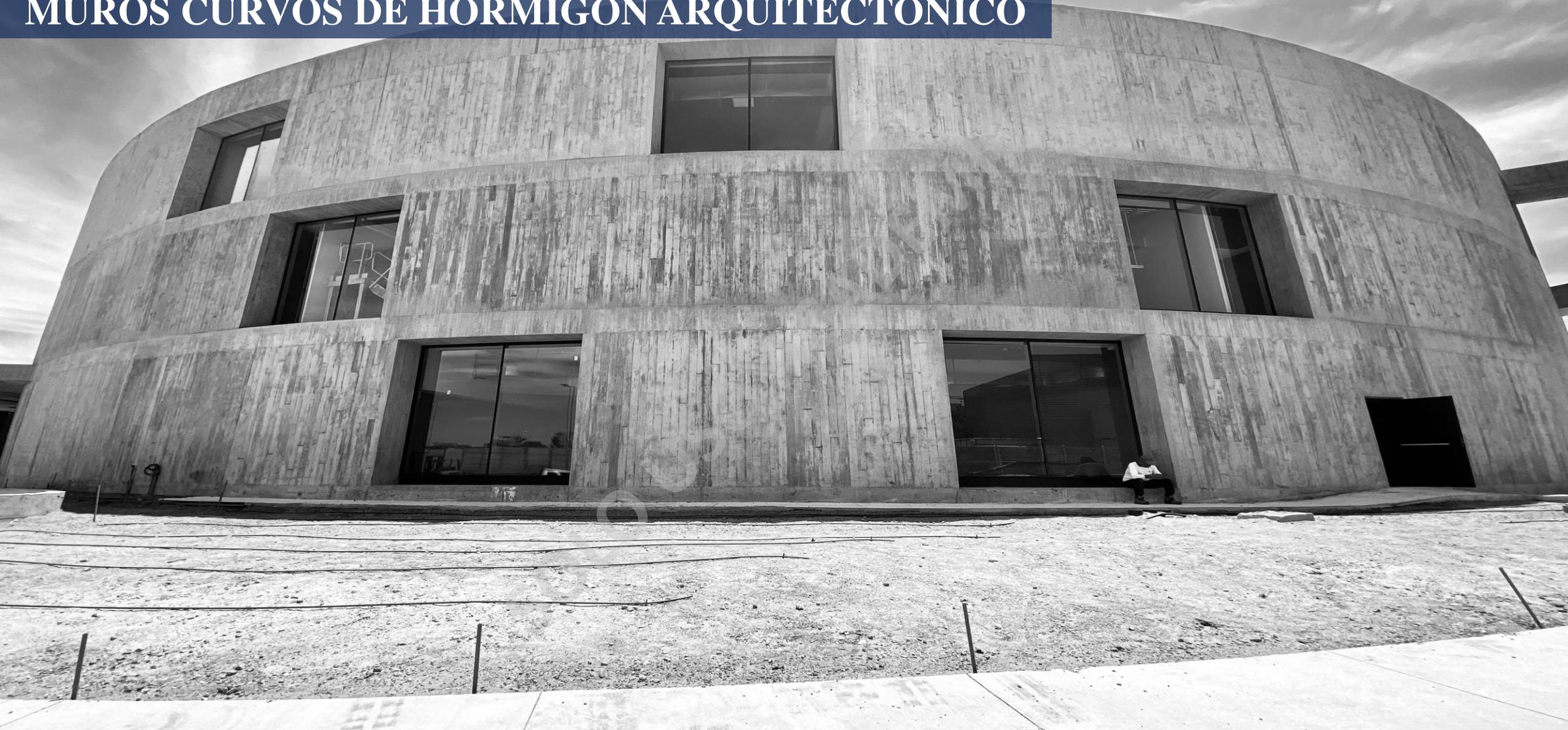


Moldaje de madera
Fuente: Tomada de (Constructora C1, 2021)

VACIADO DE HORMIGÓN



CAPÍTULO III: PROCESOS CONSTRUCTIVOS EN MUROS CURVOS DE HORMIGÓN ARQUITECTÓNICO





Vista terminada plaza de toros en Móstoles

Fuente: Tomada de de (Casado Terán, Barrientos González , Ramos Paños, & Abellán, 1997)

ANÁLISIS DE PROCESOS CONSTRUCTIVOS APLICADOS EN FACHADAS CURVAS EN PROYECTOS SIMILARES

La metodología de los procesos constructivos dependerá de las características de cada proyecto.

1. Plaza de toros en Móstoles:

El carácter radial del edificio contribuyó a la reconfiguración de la cimentación, ejecutada in situ mediante zapatas de hormigón armado (Casado Terán, Barrientos González , Ramos Paños, & Abellán, 1997)

2. Museo Internacional del Barroco:

Muros curvos de hormigón pigmentado blanco de 15 metros altura, muros prefabricados e instalados mediante un proceso de izaje .



Muros curvos de hormigón armado Museo Internacional del Barroco
Fuente: Tomada de (ArchDaily Team, 2017)

PROCESO DE ENFIERRADURA PROYECTO FLORAMATIC

ELECCIÓN DE CONTRATISTA

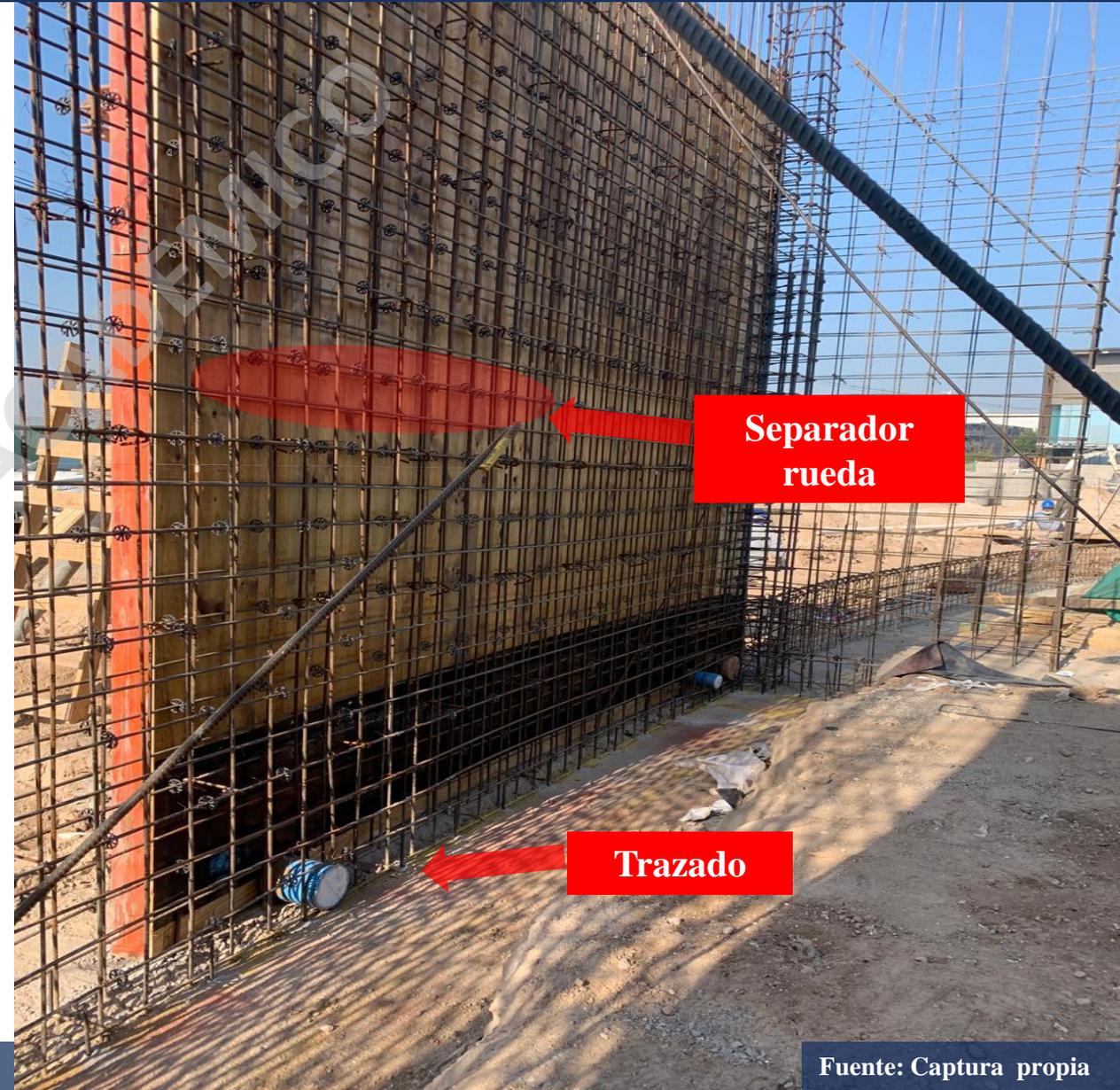
- Experiencia
- Confianza
- Oferta Económica
- Mano de obra disponible

CONFECCIÓN DE ARMADURA

- Revisar trazado de los muros
- Planos de Cálculo (Floratomic D.M $\phi 10\text{mm}$)
- Instalación de barras verticales y horizontales
- Instalar amarras cada 2 nudos en horizontales
- Colocación separadores rueda

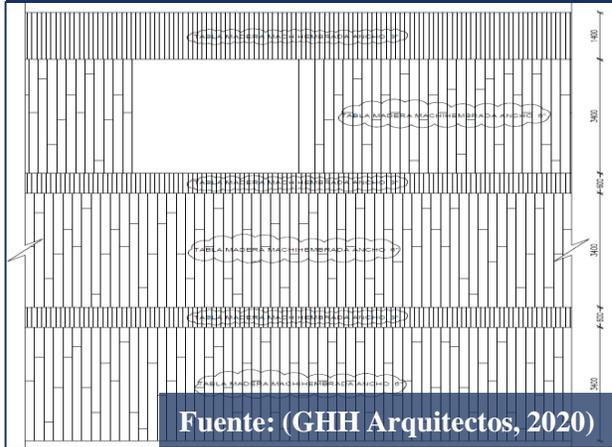
REVISIÓN DE LOS TRABAJOS

- Verificar diámetros y disposición de las barras
- Revisar verticalidad del elemento
- Corroborar que la armadura este dentro del trazado
- Se recomiendan 50 separadores por cada 1 m²



PROCESO DE ENCOFRADO PROYECTO FLORAMATIC

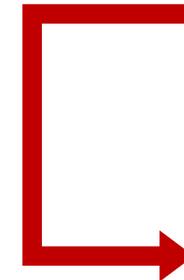
REVISIÓN DEL DISEÑO ARQUITECTURA



SELECCIÓN SISTEMA DE ENCOFRADO



INSTALACIÓN TABLAS Y CURVAR PANELES



MÉNSULAS DE TRABAJO Y REVISIÓN MOLDAJE



INSTALACIÓN CARA EXTERIOR (VISTA)



INSTALACIÓN CARA INFERIOR (APLOMADOR)

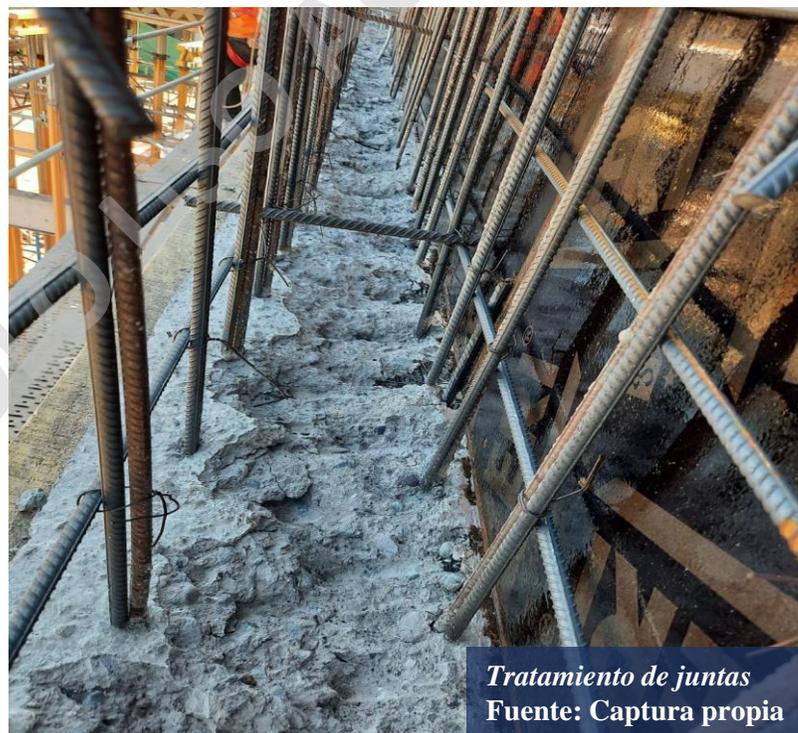


PROCESO VACIADO DE HORMIGÓN PROYECTO FLORAMATIC

1. Decisión de trabajar con Melón Hormigones, planta Lo Espejo.
2. Tipo de hormigón GB25(90)20 - 12
3. Cubicar y Programar volumen de hormigón considerando entre un 7% a 10% adicional para evitar juntas frías
4. Ejecución correcta del tratamiento de juntas
5. Previo al vaciado verificar estado de los equipos y contar con 2 capachos para agilizar descarga
6. Vaciado de hormigón en capas uniformes y compactación con vibrador de alta frecuencia.
7. Tratamiento inicial de curado con polietileno y arena húmeda.
8. Descimbre posterior a los 3 días según EETT
9. Con el hormigón del elemento expuesto, se repetían riegos cada 6 horas por 7 días.



Riego de muro descimbrado
Fuente: Captura propia



Tratamiento de juntas
Fuente: Captura propia



Proceso vaciado de hormigón
Fuente: Captura propia

CAPÍTULO IV: HORMIGONES VISTOS DEL EDIFICIO FLORAMATIC Y DESAFÍOS ASOCIADOS



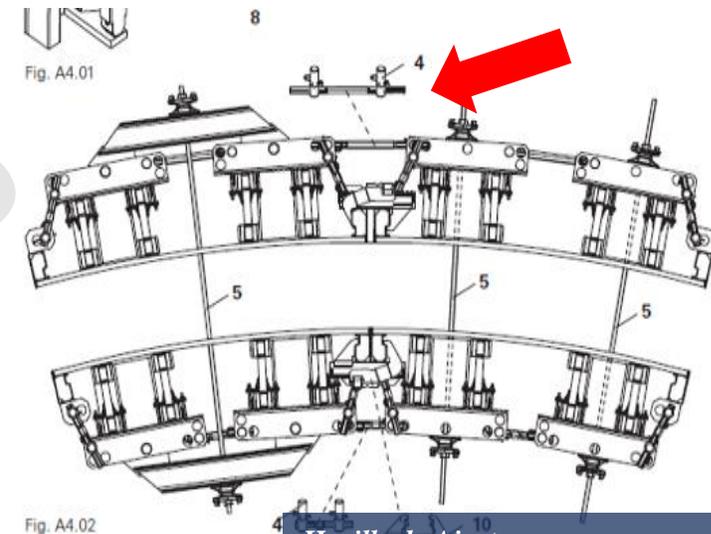
DESAFÍOS DE LOS HORMIGONES VISTOS DEL PROYECTO FLORAMATIC

1. Prevenir fisuras teniendo especial cuidado en cumplir con el espesor mínimo de recubrimiento del acero, y controlar el asentamiento del hormigón durante el proceso de vaciado (Vidaud, 2013).

2. Problemas para lograr la curvatura deseada mediante el ajuste de los husillos. Al calibrar los husillos en un sector, se producía una deformación en otro, lo que generaba inconsistencias en la estructura.

3. Resolver la problemática de apoyo exterior de los estabilizadores del moldaje en los muros del 2° y 3° nivel, ya que no se contaba con losa por esa cara, además de mantener la estanqueidad, verticalidad y curvatura.

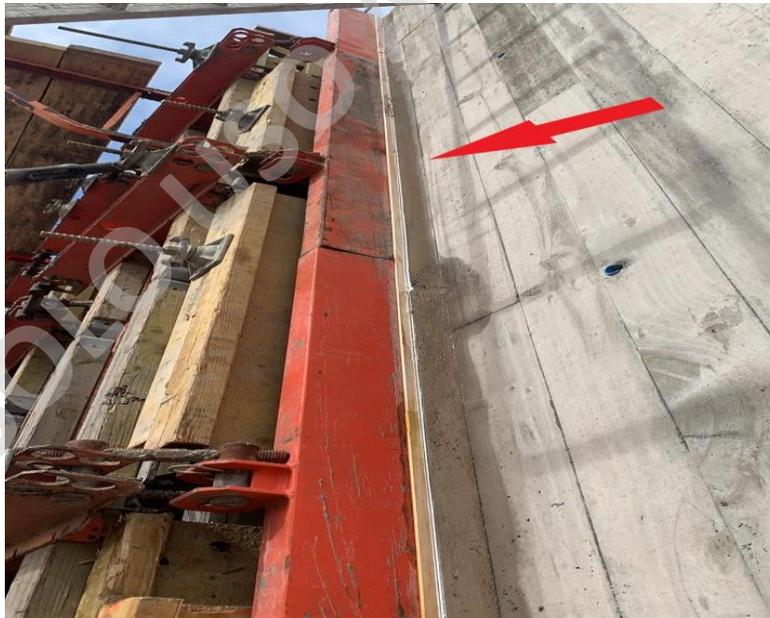
4. la falta de hermeticidad en el encofrado, lo que permite la fuga de la lechada. Esta pérdida genera segregaciones superficiales y una mala terminación del hormigón.



Husillo de Ajuste

Fuente: Tomada de (PERI, 2012)





SOLUCIONES PARA ABORDAR LOS DESAFÍOS IDENTIFICADOS

1. Para prevenir la falta de recubrimiento, se coordinó con Jefe de Obra, una revisión previa al tapado del elemento en donde se corrobore la verticalidad de la armadura y la cantidad correcta de separadores plásticos tipo rueda.
2. Visita técnica por parte de PERI que concluyó en que los husillos no estaban diferenciados por colores, lo cual era fundamental para su correcta instalación. Estos husillos tenían una posición específica que debía seguir un patrón.
3. Plataforma exterior con escuadras metálicas para afianzar los estabilizadores del moldaje. Para evitar daños en la fachada se usaron las pasadas de agujas existentes.
4. Para evitar la pérdida de lechada, se usó silicona para calafatear. En la unión horizontal se utilizó cinta de goma esponja y traslape de moldaje con muro existente para asegurar estanqueidad.

CAPÍTULO V: IMPORTANCIA DE LOS PROVEEDORES Y LA MANO DE OBRA

ROL CRUCIAL DE LOS PROVEEDORES Y MANO DE OBRA EN LA EJECUCIÓN DE MUROS DE HORMIGÓN VISTO

ITEM	DESCRIPCIÓN	PROVEEDOR	CUALIDADES	COMENTARIOS
1	Moldaje		<ul style="list-style-type: none"> a.- Experiencia en proyectos complejos b.-Departamento de ingeniería para brindar soluciones c.-Visitas técnicas semanales d.- Constante capacitación a trabajadores 	Se escogió sistema de encofrado RUNDIFLEX. Este sistema, mediante paneles ajustables por medio de husillos, permite una rápida curvatura y adaptación a las plantillas diseñadas para alcanzar el radio requerido. Una vez instalados, los paneles se unen y aseguran para dar forma al elemento final.
2	Hormigón		<ul style="list-style-type: none"> a.- Tonalidad clara del hormigón desde planta Lo Espejo. b.- Capacidad de flota para respetar horarios y frecuencia de camiones. c.- Experiencia entregando sus productos a la constructora en hormigones vistos. 	La empresa Melón hormigones ha acompañado a la constructora a lo largo de los años en diferentes proyectos con distinta complejidad, por lo que siempre es preferencia a la hora de escoger un proveedor de hormigón.
3	Mano de Obra	<p>CONSTRUCTORA JORGE CARRASCO FARIÁS</p>	<ul style="list-style-type: none"> a.- Topografos y trazadores experimentados en elementos de hormigón con formas complejas b.- Cuadrilla de carpinteros capacitados en diferentes tipos de moldaje. c.- Equipo de albañiles y vibradoristas especializados en hormigones vistos 	La empresa constructora mantiene a trabajadores experimentados y experimentados en la ejecución de elementos de hormigón visto.

CAPÍTULO VI: ELABORACIÓN DEL MANUAL DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS



PRESENTACIÓN DEL CONCEPTO Y LA ESTRUCTURA DEL MANUAL

Es un libro que reúne los aspectos más esenciales de un tema. En este contexto, los Manuales son cruciales para aumentar y aprovechar el conjunto de conocimientos y experiencias de individuos y organizaciones. Los Manuales representan una de las herramientas más efectivas para la transmisión de conocimientos y experiencias, ya que documentan la tecnología acumulada hasta ese momento sobre un tema específico (Álvarez Torres, 1996).

Definir claramente el público objetivo del manual, estructurar el contenido de manera lógica y organizada en secciones, emplear un lenguaje claro y evitar tecnicismos innecesarios. Además, es esencial proporcionar instrucciones claras y secuenciales (Vargas, 2024)

8.1.1. Introducción Manual de Recomendaciones

Esta sección presenta una reseña de la problemática que abordará el manual. Se define el objetivo del documento, se especifica a quién va dirigido y se delimita su alcance. Además, se incluye una breve reseña para contextualizar al lector sobre los desafíos específicos relacionados con la construcción de muros curvos de hormigón visto.

8.1.2. Cuerpo del Manual de Recomendaciones

Con la introducción establecida, se desarrolla la estructura del cuerpo del manual, en la cual se abordan de manera detallada los temas relevantes, organizados punto por punto. Para esta propuesta, se incluirán las siguientes secciones.

- **Elección del Proveedor y Consideraciones al Seleccionar el Moldaje**
- **Consideraciones en la Partida de Enfierradura**
- **Montaje de los Moldajes**
- **Vaciado y Compactación del Hormigón.**
- **Juntas Frías.**
- **Curado del Hormigón**
- **Supervisión en Terreno**

8.1.3. Conclusiones del Manual de Recomendaciones.

Se concluye el documento detallando como se han cumplido los objetivos establecidos en la introducción y explicando cómo la aplicación del manual permitirá obtener resultados positivos. Al seguir las recomendaciones presentadas, se podrá mejorar la planificación, ejecución y supervisión en la construcción de muros curvos de hormigón visto, garantizando la calidad estética.

8.2. Propuesta “MANUAL DE RECOMENDACIONES TÉCNICAS PARA LA CONSTRUCCIÓN DE MUROS CURVOS DE HORMIGÓN VISTO”

8.2.1. INTRODUCCIÓN.

Este manual presenta una serie de recomendaciones técnicas basadas en la experiencia adquirida durante la ejecución del proyecto Floramatic y otros casos de estudio. La construcción de muros curvos de hormigón visto presenta desafíos particulares que difieren significativamente de la fabricación de muros rectos. Estos desafíos incluyen la dificultad de mantener la curvatura a lo largo de todo el proceso de construcción, la selección adecuada de encofrados capaces de adaptarse a formas complejas y únicas, mantener la hermeticidad en todo el elemento para evitar pérdida de lechada por puntos críticos que no presentan los muros rectos convencionales, mayor coordinación entre todas las partes involucradas como lo es el departamento de Arquitectura, el departamento de Calculistas Estructurales, entre otros con la finalidad de evitar problemáticas constructivas desde la etapa de diseño, como también responder a las dificultades específicas con propuestas de soluciones ingenieriles efectivas. Todo lo anterior compromete la estética del elemento y la terminación superficial como producto final.

El objetivo de este manual es proporcionar lineamientos claros para enfrentar estos desafíos, garantizando la calidad estética del resultado final. Las recomendaciones aquí presentadas buscan servir como una guía técnica para evitar los errores más comunes, asegurar un proceso de construcción ms eficiente, mejorando la planificación y ejecución de proyectos similares a futuro.

8.2.2. ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN.

8.2.2.1. Tipo de Hormigón y Asentamiento de Cono.

Este manual se podrá aplicar sólo a hormigones del tipo premezclado con asentamiento de cono entre los rangos de 10cm a 12cm.

8.2.2.2. Tipos de Moldaje.

Aplica para moldajes fabricados en madera de forma artesanal o moldaje mixto del sistema RUNDFLEX de PERI.

8.2.2.3. Volúmenes y Superficies.

El manual es aplicable a proyectos que tengan en su diseño una superficie de muros curvos que van desde los 32m² a los 3.000m², así como un volumen de hormigón entre los 32m³ a los 800m³.

8.2.2.4. Espesores de Muro.

Se excluyen de este manual todos los muros curvos que tengan un espesor superior a los 25cm.

8.2.2.5. Tipos de Vaciado del hormigón.

El manual solo se puede aplicar a proyectos que consideren el tipo de vaciado del hormigón mediante capacho o bomba (estacionaria o telescópica)

8.2.2.6. Hormigonado con Bajas o Altas Temperaturas.

Se excluyen expresamente del campo de aplicación de este manual la ejecución de muros de hormigón bajo condiciones climáticas extremas. Entiéndase como climas extremos, cuando el hormigón fresco está sometido a temperaturas bajo 0°C, hay siete días previos al vaciado existe uno o más días con temperatura media inferior a 5°C, o se existe una temperatura ambiente medida a la sombra de 35°C.

8.2.3. REFERENCIAS.

Para confeccionar el manual de recomendaciones técnicas se usaron como referencias y material de apoyo las siguientes bibliografías: NCh170 Of.85 Hormigón – Requisitos generales, NCh1019 Of.2009 Hormigón – Determinación de la docilidad – Método del asentamiento del cono de Abrams, Manual del Constructor POLPAICO, Recomendaciones MELÓN HORMIGONES – Compactación del hormigón, Recomendaciones MELÓN HORMIGONES – Desmoldante, Manual de Tolerancias para Edificaciones – CChC, páginas web de proveedores nacionales de materiales de construcción, además de experiencias personales desde una mirada profesional en base a las experiencias en Proyecto Floramatic y otros similares.

8.2.4. RECOMENDACIONES TÉCNICAS

8.2.4.1. Elección del proveedor y materialidad del encofrado

Es esencial conocer el diseño antes de seleccionar el tipo y proveedor de moldaje a utilizar.

Moldaje de Madera: Se recomienda para formas y diseños específicos con radios variables, especialmente en muros únicos. Se sugiere rutear las placas para otorgarles flexibilidad y elaborar plantillas con la forma de la curva para facilitar su instalación. Ver Ilustración 1.

Ilustración 1. "Moldaje Curvo de Madera"



Nota. Con una fresadora de hacer cortes vertivales de tal forma que posibilita curvar la placa de terciado. Foto tomada de (CONSTRUCTORA C1, 2022)

Moldajes Mixtos: Para muros repetitivos y de gran volumen, se recomiendan moldajes mixtos modulares con capacidad de regulación del radio de curvatura. El sistema RUNFLEX de PERI es ideal por combinar madera y acero, ofreciendo flexibilidad y estabilidad, y permitiendo ajustes precisos gracias a sus husillos de regulación.

Control de Calidad: Es fundamental verificar que todos los componentes del moldaje, incluidos husillos y estabilizadores, hayan pasado un riguroso control de calidad. Los husillos deben estar correctamente etiquetados y diferenciados para su instalación según las especificaciones de diseño. Se recomiendan visitas semanales por parte un técnico de la empresa proveedora de encofrados, para ir revisando todos los procesos durante el proceso de confección, además de elaborar un informe de acuerdo a lo observado en la visita.

8.2.4.2. Consideraciones en la partida de enfierradura

Uso de Separadores: Colocar separadores plásticos de manera adecuada para asegurar el recubrimiento especificado y evitar que los fierros queden expuestos, lo cual podría comprometer la estética y durabilidad del muro. Ver Ilustración 2.

Ilustración 2. "Separador de muro tipo rueda"



Nota. Imagen tomada de (SODIMAC, 2024)

8.2.4.3. Preparación y montaje de moldajes.

Revisión de Planos: Revisar si existe alguna interferencia entre el diseño de Arquitectura y otros elementos que puedan dañar la estética de la fachada. La revisión se debe efectuar al menos 2 semanas antes del comienzo de ejecución de cada elemento, con el fin de poder tener tiempo de reacción en caso del surgimiento de alguna problemática.

Inspección Previa: Comparar la modulación ejecutada con los planos de montaje entregados por el proveedor de encofrados para asegurar su correcta instalación. Se recomienda realizar la inspección junto al asesor técnico del proveedor de moldajes, de esta forma poder despejar dudas en el momento sin provocar atrasos en la obra.

Hermeticidad: Aplicar cordones de silicona en todas las uniones del moldaje y cinta de goma esponja en puntos críticos como la base del panel y la coronación del muro inferior para

evitar la pérdida de lechada. Si el diseño de la fachada incluye madera, es recomendable saturar la superficie con agua un día antes del hormigonado del elemento, para que la madera se hinche mejorando la hermeticidad.

8.2.4.4. Vaciado y compactación del hormigón.

Programación del Hormigonado: Cubicar con un margen de error al alza entre un 7% y 10% para evitar la falta de material durante el vaciado, lo cual podría generar juntas frías que comprometan la calidad estética del muro. También considerar los tiempos de vaciado para programar de acuerdo a la frecuencia de camiones correcta. En caso del vaciado con capacho, considerar en el programa una frecuencia de camiones de 30 a 45 minutos. En cambio, si el vaciado es mediante bomba, considerar una frecuencia entre camiones 15 a 25 minutos.

Preparación del Sitio de Colocación: Humectar y limpiar cuidadosamente el sitio de colocación, eliminando elementos sueltos como material particulado, restos de lechada, entre otros. Para la limpieza se sugiere utilizar sopladores y aspiradoras industriales.

Métodos de Vaciado: Al usar bomba, considerar el volumen mínimo que se cobrará y asegurarse de contar con suficiente espacio para su instalación. Si se utilizan capachos y grúas torre, es recomendable disponer de más de un capacho para mantener un flujo constante de material.

Compactación: Disponer de al menos dos vibradores de inmersión de alta frecuencia y contar con operadores capacitados, ya que una compactación inadecuada puede causar segregaciones y nidos de piedra.

8.2.4.5. Juntas frías de hormigonado.

Preparación de Juntas: Primero que todo el proyecto estructural debe indicar las juntas frías de hormigonado. Cualquier modificación en obra debe ser previamente autorizada por el proyectista.

Cumpliendo lo anterior, se deben picar y limpiar adecuadamente las superficies de contacto en las juntas frías para asegurar la adherencia entre capas de hormigón, es decir, se debe garantizar que todos los procedimientos aplicados resulten en una unión monolítica del hormigón. Se recomienda saturar con agua antes del nuevo vaciado para evitar que la superficie absorba el agua de amasado.

8.2.4.6. Curado del Hormigón.

Métodos de Curado: Cubrir la parte superior de los muros con plástico y arena inmediatamente después del vaciado para evitar la pérdida de agua. No descimbrar el muro hasta haber cumplido un mínimo de 3 días. Después de retirar el moldaje, regar los muros

cada 8 horas durante 3 a 4 días para mantener la humedad y evitar fisuras por retracción plástica.

Existen otros métodos a emplear como membranas de curado, lloviznas tenues de agua, telas y tejidos absorbentes que no se mantienen continuamente húmedo, entre otros materiales que sean capaces de retener la humedad sin dañar la superficie del hormigón. Posterior a las 24 horas de aplicación del primer material de curado, se debe mantener mediante riegos permanentes, diques con agua, cámaras de vapor o algún material que sea capaz de mantenerse continuamente húmedo. Este procedimiento se debe ejecutar por a lo menos siete días.

8.2.4.7. Supervisión en terreno.

Revisión Constante: Asignar un supervisor para verificar la correcta instalación y ejecución en cada etapa del proceso, asegurando que se sigan los procedimientos y se mantenga la calidad esperada en el hormigón visto. La revisión se debe efectuar previa, durante y posterior a todos los procesos que en su conjunto logran materializar el muro curvo de hormigón visto.

Documentación Fotográfica: Realizar registros fotográficos de cada fase del proceso para identificar posibles problemas y documentar soluciones efectivas.

8.2.5. Conclusión del Manual de Recomendaciones.

Este manual ofrece una guía práctica para la construcción de muros curvos de hormigón visto, resaltando la importancia de una adecuada planificación, selección de materiales y supervisión del equipo de trabajo. Seguir estas recomendaciones permitirá obtener resultados estéticamente satisfactorios y muros estructuralmente sólidos, minimizando los riesgos de fallas comunes en este tipo de proyectos.

CONCLUSIONES

Al identificar y caracterizar en detalle los desafíos y soluciones enfrentados durante la ejecución de la fachada del Edificio Floramatic, desde la selección de proveedores, pasando por la instalación de moldajes, hasta el vaciado y compactación correctos del hormigón, se logró desarrollar un manual de recomendaciones técnicas orientado a la construcción de muros curvos de hormigón visto,

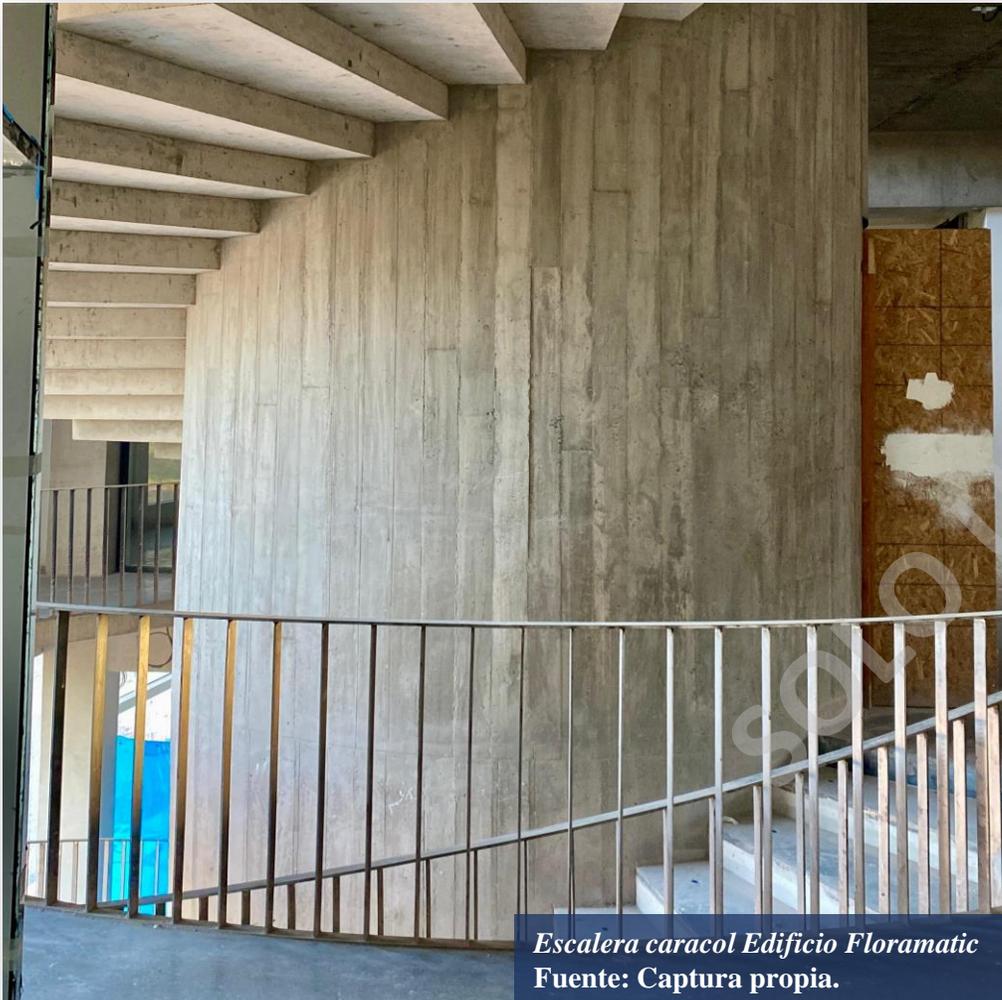
Los conocimientos recopilados de distintas fuentes bibliográficas, y la experiencia adquirida por el autor durante la construcción del proyecto, permitieron establecer lineamientos que buscan minimizar los riesgos y asegurar la calidad estética.

Es fundamental contar con soluciones prácticas para afrontar imprevistos, como no contar con losa para apoyar los estabilizadores en doble altura, teniendo que mantener la verticalidad, curvatura y hermeticidad del moldaje. Además, se resalta la importancia de disponer de un equipo de mano de obra capacitada para garantizar la correcta ejecución de los trabajos.

La implementación de prácticas como la revisión continua de la curvatura del moldaje, la aplicación de sistemas de hermeticidad en las uniones y la supervisión rigurosa durante todo el proceso son esenciales para alcanzar los estándares de calidad deseados.

El manual de recomendaciones técnicas propuesto busca servir como una herramienta práctica para futuros proyectos, que al implementarlo contribuirá a mejorar la calidad de la terminación final del muro, así como también a optimizar algunos procesos constructivos.

RECOMENDACIONES



*Escalera caracol Edificio Floramatic
Fuente: Captura propia.*

Coordinación entre Arquitectos, Ingenieros Calculistas y Constructores para evitar incongruencias entre el diseño y la ejecución.

Invertir en la formación y capacitación de los trabajadores es crucial, especialmente en la ejecución de hormigones vistos.

Desarrollar la capacidad de adaptarse y evaluar soluciones técnicas según las condiciones particulares de cada proyecto. Dado que los proyectos de muros curvos de hormigón visto suelen ser únicos, es necesario ajustarse a las especificidades de cada obra, tales como el tipo de curvatura, altura de los muros, texturas y diseños de terminación, condiciones del terreno y otros factores externos.

BIBLIOGRAFÍA

Cifuentes, G. L. (ENERO de 2012). ¿Qué es el hormigón arquitectónico? REVISTA INGENIERIA DE OBRAS CIVILES, 37-46. Obtenido de <https://revistas.ufro.cl/ojs/index.php/rioc/article/view/1965>

PERI. (Junio de 2012). RUNDFLEX Encofrado circular. Instrucciones de montaje y uso para la configuración estándar. Obtenido de <https://mc.peri.com/pinaccess/pinaccess.do?pinCode=sJd5Wk2rSNqp>

PERI. (Mayo de 2021). Plano de Montaje. 1° Piso - Plantas Muro Exterior

Polpaico. (Agosto de 2021). Manual del Constructor. A, 21. Recuperado el Julio de 2024, de <https://www.polpaico.cl/hormigones/documentos-tecnicos/>

GOOGLE EARTH. (2023). Obtenido de https://earth.google.com/web/search/Av.+Marath%c3%b3n+1989,+%c3%91u%c3%b1oa/@-33.47439901,-70.61388515,555.89864821a,188.73078784d,35y,-94.27629855h,49.19327965t,0r/data=CiwiJgokCf2XjXPXr0DAEVoOimZ9vkDAGYRQXQKAnlHAI dp8MFwtp1HAQgIIAToDCgEwSg0I_____A

Guillermo Hevia Arquitectos SPA. (2019). Especificaciones Técnicas. Edificio Corporativo y Planta Productiva Floramatic.

Ganderats, C. (2020). Memorial Uc San Carlos Apoquindo 026. Obtenido de Bienal de Iluminación: <https://bienal.iluminet.com/proyectos/2024/memorial-universidad-catolica-apoquindo/>

Ganderats, C. (2020). Memorial Uc San Carlos Apoquindo 026. Obtenido de Bienal de Iluminación: <https://bienal.iluminet.com/proyectos/2024/memorial-universidad-catolica-apoquindo/>

BIBLIOGRAFÍA

Toirac Corral, J. (Enero.Marzo de 2004). Patología de la construcción grietas y fisuras en obras de hormigón ; origen y prevención. Ciencia y Sociedad, 29(1), 72-114. Obtenido de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=87029104>

López Vidal, A., & Bartolomé Muñoz, C. (DICIEMBRE de 2019). Fachadas de hormigón arquitectónico. Industrialización, eficiencia y estética. ALZADA, 52-57. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12251/1678>

Mansilla Torres, S. E. (2003). Hormigón Arquitectónico [Tesis de Pregrado, Universidad Austral de Chile]. Capítulo IV. Moldajes. Repositorio Digital, Valdivia, Chile. Obtenido de <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2003/bmfcm288h/html/index-frames.html>

Instituto Nacional de Normalización - INN. (1985). *NCh170 .Of85. Hormigón – Requisitos Generales*. Santiago, Chile: INN - Chile. Obtenido de <https://www.inn.cl/>

Casado Terán, J., Barrientos González , M., Ramos Paños, J., & Abellán, J. A. (1997). EDIFICIO DE OCIO Y ESPECTÁCULOS. PLAZA DE TOROS EN MÓSTOLES, MADRID/ESPAÑA. *Informes de la Construcción*, 48(447), 5-14. Obtenido de <https://doi.org/10.3989/ic.1997.v48.i447.971>

ArchDaily Team. (17 de Febrero de 2017). *Cómo se construyeron los muros inclinados y curvos que dan forma a la última obra de Toyo Ito en México*. Recuperado el 18 de Agosto de 2024, de ArchDaily en Español: <https://www.archdaily.cl/cl/804947/materiales-innovadores-museo-internacional-del-barroco-de-toyo-ito>

Guillermo Hevia Arquitectos SPA. (Agosto de 2020). Elevaciones. *Detalle Moldaje de Fachada, 0*

Álvarez Torres, M. G. (1996). *Manual para elaborar manuales de políticas y procedimientos*. Col.San Rafael, México: Panorama editorial

Vargas, B. (10 de Febrero de 2024). *Guía completa para redactar un manual técnico: consejos y mejores prácticas*. Obtenido de Byron Vargas: <https://www.byronvargas.com/web/como-redactar-un-manual-tecnico/>

BIBLIOGRAFÍA

CONSTRUCTORA C1. (24 de Septiembre de 2022). *constructorac1*. Obtenido de Instagram: https://www.instagram.com/constructorac1/p/Ci55I8_uEZA/?img_index=1

SODIMAC. (2024). *Sodimac*. Obtenido de <https://sodimac.falabella.com/sodimac-cl/product/110368078/20mm.-Bolsa-50u.-Separador-rueda/110368079?exp=sodimac>

SOLO USO ACADÉMICO

¡MUCHAS GRACIAS POR SU ATENCION!

