

**UNIVERSIDAD RICARDO PALMA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**



**IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC  
EN LA GESTIÓN DE COMPATIBILIZACIÓN  
GRÁFICA Y MODELAMIENTO DE UN  
PROYECTO HOTELERO**

**INFORME TÉCNICO**

**POR EXPERIENCIA PROFESIONAL CALIFICADA  
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO CIVIL**

**PRESENTADO POR:**

**Bach. ONUMA TOMA, DIANA**

**LIMA – PERÚ**

**2021**

# INDICE GENERAL

<b>INTRODUCCION</b> .....	2
<b>OBJETIVOS</b> .....	5
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b> .....	6
1.1. ¿Qué es VDC– Virtual Design and Construction?.....	13
1.2. ¿Por qué aplicar VDC en los proyectos? .....	16
1.3. Marco VDC (VDC Framework) .....	18
1.4. Métricas.....	20
<b>CAPÍTULO II: SOBRE EL PROYECTO</b> .....	<b>23</b>
2.1. Situación previa a la implementación VDC.....	29
<b>CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC EN EL PROYECTO</b> .....	<b>36</b>
3.1. Motivación y enfoque de la aplicación VDC.....	36
3.2. Objetivo de la aplicación VDC .....	37
3.3. Métricas de producción y factores controlables.....	38
3.4. Línea base para la implementación VDC .....	43
3.5. Relación entre los objetivos y componentes VDC.....	50
3.6. Preparación previa.....	51
<b>CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA GESTIÓN DEL PROYECTO Y METODOLOGÍA VDC</b> .....	<b>54</b>
<b>CAPÍTULO V: FACTORES CONTROLABLES</b> .....	<b>64</b>
5.1. FI-1: Realizar sesiones ICE semanales .....	64
5.2. FI-2: Promover un ambiente de trabajo colaborativo .....	67
5.3. FB-1 y FB-2: Confiabilidad del modelo del diseño en 2D y Confiabilidad gráfica del modelo.....	69
5.4. FP-1: Mejorar la claridad de las consultas generadas .....	72
5.5. FP-2: Envío del listado de consultas (Agenda).....	74
5.6. FP-3: Envío de actas de sesiones ICE.....	76
5.7. FP-4: Programación semanal de actividades .....	77
<b>CAPÍTULO VI: MÉTRICAS DE PRODUCCIÓN</b> .....	<b>80</b>
6.1. MI-1: Efectividad de las sesiones ICE.....	80
6.2. MI-2: Eficiencia de las sesiones ICE .....	84

6.3.	MB-1: Confiabilidad del modelo .....	85
6.4.	MP-1: Reducir el periodo de latencia .....	87
6.5.	MP-2: Formalización de las decisiones .....	89
6.6.	MP-3: Cumplimiento del plan programado semanal de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento.....	92
	<b>CONCLUSIONES</b> .....	95
	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	102
	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	105
	<b>ANEXOS</b> .....	106
	Anexo 1: Plan de trabajo conciliado para el modelado y actualización del modelo. ...	106
	Anexo 2: Seguimiento del plan semanal (1º semana de octubre).....	106
	Anexo 3: Extracto de un RFI revisado.....	107
	Anexo 4: Cuadro de mediciones de sesiones ICE .....	108

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Cuadro de áreas .....	24
Tabla 2: Tipo de habitaciones Hotel Intercontinental.....	25
Tabla 3: Tipo de habitaciones Hotel Índigo.....	26
Tabla 4: Principales diseñadores.....	27
Tabla 5: Principales partidas administradas.....	28
Tabla 6: Métricas de producción y factores controlables planteadas para el componente ICE.....	39
Tabla 7: Métricas de producción y factores controlables planteadas para el componente BIM.....	40
Tabla 8: Métricas de producción y factores controlables planteadas para el componente PPM .....	40
Tabla 9: Registro mensual de RFIs emitidos .....	56
Tabla 10: Cantidad de sesiones ICE por semana .....	65
Tabla 11: Promedio acumulado de sesiones mensuales .....	67
Tabla 12: Participación en las sesiones ICE .....	68
Tabla 13: Resultados acumulados mensuales .....	68
Tabla 14: Registro mensual del modelado de planos .....	70
Tabla 15: Registro mensual de RFIs revisados antes de su emisión .....	73
Tabla 16: Estado mensual de RFIs .....	73
Tabla 17: Emisión de agenda por sesión ICE .....	74
Tabla 19: FP-2: Emisión de agenda.....	74
Tabla 19: Registro mensual de actas de reunión emitidas y cantidad de sesiones ICE..	76
Tabla 20: Programación semanal de tareas.....	79
Tabla 21: Efectividad de las sesiones ICE.....	80
Tabla 22: Registro mensual de la efectividad de las sesiones ICE.....	82
Tabla 23: Comparación de efectividad de sesiones ICE con proyecto similar.....	84
Tabla 24: Tiempo promedio por consulta revisada en las sesiones ICE .....	85
Tabla 25: Registro mensual de actualización del modelo.....	86
Tabla 26: Estado de actualización de RFIs respondidos.....	86
Tabla 27: Registro del periodo de latencia mensual y acumulado .....	88
Tabla 28: Registro de RFIs firmados revisados en sesiones ICE .....	89

Tabla 29: Registro mensual de RFIs firmados revisados en sesiones ICE.....	89
Tabla 30: Registro semanal del PPC.....	93

## INDICE DE FIGURAS

Figura N° 1: Distribución de la sala BIM. ....	7
Figura N° 2: Vista de elementos 3D con información registrada en el cuadro de propiedades utilizando el software Revit. ....	7
Figura N° 3: Elemento 3D que contiene información inteligente utilizando el software Revit... ..	9
Figura N° 4: Vista general de una planta típica de habitaciones modelada en 3D utilizando el software Revit. ....	10
Figura N° 5: Vista de las instalaciones en FCR en la zona de baños de habitaciones utilizando el software Revit. ....	10
Figura N° 6: Reunión de trabajo utilizando el software Revit para resolver interferencias de elementos. ....	11
Figura N° 7: Parámetros asignados a un elemento para la fase de O&M .....	12
Figura N° 8: Marco VDC.....	15
Figura N° 9: Marco VDC y los objetivos de cada componente .....	16
Figura N° 10: Objetivos del proyecto .....	18
Figura N° 11: Simple Framework.....	19
Figura N° 12: Esquema del marco VDC con los componentes .....	20
Figura N° 13: Esquema de los elementos VDC a lo largo del ciclo de vida del proyecto.....	21
Figura N° 14: Ubicación del proyecto .....	23
Figura N° 15: Esquema del proyecto por niveles.....	25
Figura N° 16: Cronograma esquemático.....	29
Figura N° 17: Organigrama general.....	32
Figura N° 18: Flujo tradicional del proceso.....	35
Figura N° 19: Objetivos de los componentes.....	38
Figura N° 20: Resumen de la implementación VDC en el proyecto .....	42
Figura N° 21: Esquema de plan de trabajo con modeladores .....	49
Figura N° 22: Relación entre los objetivos del cliente, del proyecto y las métricas iniciales.....	50
Figura N° 23: Capacitación virtual a los subcontratistas .....	52
Figura N° 24: Plataforma de descarga de modelos .....	53
Figura N° 25: Sesión ICE virtual con subcontratistas.....	55
Figura N° 26: Sesión ICE virtual con cliente y supervisión .....	56
Figura N° 27: Imagen del modelo (arquitectura) .....	58
Figura N° 28: Imagen del modelo (instalaciones).....	58
Figura N° 29: Plan de actualización del modelo.....	61

Figura N° 30: Modelo de habitaciones típicas .....	62
Figura N° 31: Esquema de planificación de tareas .....	63
Figura N° 32: Integrated Concurrent Engineering .....	64
Figura N° 33: Extracto de correo electrónico recordatorio de RFIs críticos.....	66
Figura N° 34: Extracto del correo electrónico entre subcontratistas.....	69
Figura N° 35: Plan de actualización del modelo.....	72
Figura N° 36: Extracto de correo electrónico con la agenda de sesiones ICE .....	75
Figura N° 37: Extracto de acta de reunión .....	77
Figura N° 38: Correo electrónico recordatorio .....	77
Figura N° 39: Esquema para la planificación semanal de actividades.....	79
Figura N° 40: Vista del modelo 3D de las instalaciones en el pasillo del Hotel Intercontinental	81
Figura N° 41: Corte del pasillo del Hotel Intercontinental en la zona de difusores lineales.....	82
Figura N° 42: Correo recordatorio .....	90
Figura N° 43: Esquema para la planificación semanal de actividades.....	93
Figura N° 44: Plano de redes enterradas exportado del modelo 3D. ....	97
Figura N° 45: Extracto de correo con las indicaciones para la liberación en campo .....	98
Figura N° 46: Proceso basado en VDC con métricas.....	99
Figura N° 47: Cinco niveles de valor del BIM según DPR .....	103
Figura N° 48: Niveles de modelado (DPR).....	104

## INDICE DE GRÁFICOS

Gráfico N° 1: Estado de RFIs previo a la implementación VDC .....	44
Gráfico N° 2: Efectividad en la solución de incompatibilidades previo a la implementación VDC .....	45
Gráfico N° 3: Cantidad de RFIs emitidos previo a la implementación VDC.....	45
Gráfico N° 4: Formalización de decisiones previo a la implementación VDC .....	46
Gráfico N° 5: Confiabilidad del modelo previo a la implementación VDC.....	47
Gráfico N° 6: Periodo de latencia previo a la implementación VDC .....	47
Gráfico N° 7: Variabilidad en el tiempo de respuesta de RFIs.....	48
Gráfico N° 8: RFIs emitidos vs resueltos .....	59
Gráfico N° 9: FI-1 Realizar sesiones ICE semanales .....	65
Gráfico N° 10: FI-2: Promover un ambiente de trabajo colaborativo .....	68
Gráfico N° 11: FB-1 y FB-2: Confiabilidad gráfica del modelo .....	70
Gráfico N° 12: FP-1: Mejorar la claridad de las consultas generadas .....	73
Gráfico N° 13: FP-2: Emisión de agenda de sesión ICE .....	75
Gráfico N° 14: FP-3: Emisión de actas de reunión.....	76
Gráfico N° 15: MI-1: Efectividad de las sesiones ICE.....	81
Gráfico N° 16: MI-2: Eficiencia de las sesiones ICE .....	84
Gráfico N° 17: MB-1: Confiabilidad del modelo .....	86
Gráfico N° 18: MP-1: Reducción del periodo de latencia .....	88
Gráfico N° 19: MP-2: Formalización de decisiones de RFIs revisados en sesiones ICE .....	90
Gráfico N° 20: Formalización de decisiones del total de RFIs.....	91
Gráfico N° 21: MP-3: Cumplimiento del plan programado .....	92

## INDICE DE ANEXOS

Anexo 1: Plan de trabajo conciliado para el modelado y actualización del modelo. ...	106
Anexo 2: Seguimiento del plan semanal (1º semana de octubre).....	106
Anexo 3: Extracto de un RFI revisado.....	107
Anexo 4: Cuadro de mediciones de sesiones ICE .....	108

## INTRODUCCION

La Guía del PMBOK<sup>1</sup>, define a los proyectos como un esfuerzo temporal que se lleva a cabo para crear un producto, servicio o resultado único, y a la dirección o gestión de proyectos como la aplicación de conocimientos, habilidades, herramientas y técnicas a las actividades del proyecto para cumplir con los requisitos del proyecto, y que se logra mediante la aplicación e integración adecuadas de los procesos de dirección de proyectos identificados para el proyecto. En ese sentido, la dirección de proyectos permite a las organizaciones ejecutar proyectos de manera eficaz y eficiente<sup>2</sup>.

Por su parte, el *Lean Construction Institute*, define al Lean Construction como una filosofía orientada hacia la adecuada administración de la producción en la construcción y tiene como objetivo principal la reducción o eliminación de todas aquellas actividades que no agregan valor al proyecto y optimizar aquellas que si lo hacen, por consiguiente, se enfoca en crear herramientas aplicadas al proceso de ejecución del proyecto y a que el sistema de producción minimice los residuos o desperdicios que son: defectos, demoras, excesos de procesado, exceso de producción, inventarios excesivos, transporte innecesario, movimiento no útil de personas (Porrás, Sanchez y Galvis, 2014).

Hoy en día, los fundamentos del PMI y Lean Construction son los principales métodos de gestión aplicados en la industria de la construcción y es por ello que mucha de la bibliografía de gestión de proyectos disponible hoy en día se centra en la mejora de los procesos y los flujos de trabajo y pasan por alto los beneficios, oportunidades y el impacto combinado del uso de tecnologías de información como el modelado de información de construcción (o BIM por sus siglas en inglés), la práctica de métodos de gestión modernos y nuevos métodos y tecnologías de colaboración.

Por otro lado, de forma genérica y simplificada, los proyectos de edificaciones se diseñan, se presupuestan y luego se construyen. En este sistema o modelo tradicional de Diseño-Licitación-Construcción (o *Design-Bid-Build*, por sus siglas en inglés) el cliente o propietario tiene una serie de requerimientos o necesidades que los diseñadores deben plasmar en documentos, planos y especificaciones para luego ser interpretados y construidos por el constructor con la finalidad de que la edificación o producto terminado

---

<sup>1</sup> Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (del inglés, A Guide to the Project Management Body of Knowledge, o PMBOK publicada por el Project Management Institute.

<sup>2</sup> Guía PMBOK, Sexta Edición. Capítulo 1.2.2 La importancia de la gestión de proyectos.

satisfaga los requerimientos que el cliente planteó a los diseñadores al inicio del proyecto. Idealmente, la información generada por los diseñadores debería estar completa, detallada y compatibilizada entre todos los sistemas que componen el proyecto, sin embargo, esta situación difícilmente se cumple y el constructor se encuentra a menudo con documentación incompatible, errada o incompleta que requiere ser consultada a los diseñadores y cliente durante el proceso de construcción, lo que conlleva a retrasos y sobrecostos no previstos, y una de las razones principales es el trabajo aislado de los diferentes participantes, en cada una de las etapas del proyecto.

Los proyectos requieren de gran esfuerzo para llevarse a cabo y suelen presentarse problemas complejos en los que la industria de la construcción trata de dividirlos en partes más pequeñas y aisladas denominadas paquetes de trabajo<sup>3</sup> para poder manejarlas. El problema con ello es que gestionamos el proyecto en partes pequeñas y manejables, pero difícilmente consideramos cómo unir las piezas, dejando de lado la gestión integral del proyecto.

A diferencia del sistema tradicional que suele emplearse y frente al crecimiento en la complejidad de los proyectos, se han desarrollado procesos y metodologías de trabajo especializados orientados a la mejora del entendimiento del propio proyecto, generando a su vez el involucramiento temprano de los participantes<sup>4</sup> para un mayor nivel de coordinación en el desarrollo del proyecto, reduciendo los retrabajos que se producen con el ingreso secuencial de los encargados de cada parte.

La metodología VDC (*Virtual Design and Construction*) reúne estos conceptos, los aplica por separado y en conjunto a la gestión del diseño, construcción, operación de edificios, plantas, infraestructura y otras instalaciones. Esta metodología de trabajo también ayuda a anticiparse a las incompatibilidades entre las especialidades que normalmente encontraríamos en la etapa de ejecución y de esta manera, se generan mejores planteamientos o soluciones, así mismo nos ayudan a acortar las brechas de tiempo de

---

<sup>3</sup> Un paquete de trabajo es el trabajo definido en el nivel más bajo de la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT, o WBS por sus siglas en inglés, *Work Breakdown Structure*) para el cual se puede estimar y gestionar el costo y la duración. El nivel de descomposición es a menudo determinado por el grado de control necesario para dirigir el proyecto de manera efectiva. (Capítulo 5.4.2.2 Descomposición del PMBOK – 6ta edición).

<sup>4</sup> Para el presente informe técnico, los participantes serán las partes interesadas en el proyecto, esto incluye al cliente o propietario, a la supervisión, los diseñadores, los contratistas y a los principales proveedores.

trabajo, dando como resultado final un proyecto con mayor definición gracias al trabajo colaborativo de los involucrados.

Es así como, para la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento de un proyecto hotelero, GyM S.A. propuso un enfoque de trabajo colaborativo cimentado sobre la metodología VDC y el uso de los modelos 3D de las diferentes especialidades, para la integración, compatibilización y solución de interferencias.

## **OBJETIVOS**

El presente informe técnico tiene como finalidad servir de sustento para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil por Experiencia Profesional Calificada, cumpliendo así con todos los requisitos establecidos en el Reglamento de Titulación por Experiencia Profesional Calificada de la Oficina de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería.

En el informe se dará a conocer la metodología y plan de trabajo empleado para la implementación del VDC en el desarrollo de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento<sup>5</sup> de un proyecto de edificación destinado al rubro hotelero, realizado en el segundo semestre del 2020, así como las conclusiones y recomendaciones producto del aprendizaje adquirido.

---

<sup>5</sup> Corresponde al modelado de la ingeniería desarrollada por los diseñadores que han sido contratados por el propietario, para la elaboración del Expediente Técnico del Proyecto; así como a la compatibilización del proyecto de instalaciones y arquitectura en 3D, de tal manera que permita identificar de manera temprana los errores de expresión e incompatibilidades gráficas entre especialidades de la segunda etapa de la Obra.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los conceptos básicos relacionados al trabajo colaborativo, Virtual Design and Construction (VDC), los cambios en las prácticas usuales, la tecnología, sus usos principales y sus desafíos.

Hoy en día queda claro que, para llevar a cabo proyectos exitosos se requiere del trabajo colaborativo de todos los involucrados, sin embargo, la colaboración es más que reunir a dos o más personas y esperar que trabajen juntos. El trabajo colaborativo comprende un proceso de integración de las partes involucradas en la fase del ciclo de vida en el que se encuentra el proyecto. En la fase de diseño, se caracteriza por la colaboración efectiva entre el propietario o cliente, los diseñadores y la gerencia de proyecto, mientras que en la fase de construcción – además de los involucrados en la fase de diseño – se suman el contratista general, los subcontratistas y cualquier otro involucrado que participe en el proyecto como por ejemplo asesores o especialistas.

Sin embargo, para que la colaboración sea efectiva y también eficiente, debe respetarse o contar con ciertos requisitos mínimos:

- Los participantes deben comprometerse con el objetivo del proyecto, no solo con el objetivo individual.
- Los involucrados deben participar en sesiones de trabajo colaborativo dentro de las cuales se logren definiciones, acuerdos y aprobaciones que normalmente podrían tomar mucho más tiempo siguiendo procesos estándares que no integren las actividades de las partes involucradas.
- En GyM S.A. aplicamos la metodología VDC orientada al trabajo colaborativo, la cual involucra el desarrollo de sesiones de trabajo denominadas “Sesiones ICE” (*Integrated Concurrent Engineering*) las cuales son utilizadas, de manera no restrictiva, para el mapeo de los procesos involucrados y para la resolución de consultas con los equipos de trabajo requeridos.
- Se debe contar con ambientes que faciliten el trabajo colaborativo como se muestra en la Figura N° 1, tales como, ambientes amplios<sup>6</sup> que permitan el trabajo

---

<sup>6</sup> Para un mayor entendimiento, revisar documento del enlace: <https://www.dpr.com/view/making-big-room-better>

en conjunto y salas de reuniones equipadas con equipos multimedia y grandes pizarras.



*Figura N° 1: Distribución de una sala BIM.*

*Fuente: Registro fotográfico propio.*

- Los participantes deben familiarizarse con el uso de modelos 3D de información del proyecto como el que se muestra en la Figura N° 2, los cuales facilitan una rápida comunicación visual de los elementos que lo componen en cada una de sus diferentes especialidades y que también contienen la información relevante que se requiere consultar o reportar.



*Figura N° 2: Vista de elementos 3D con información registrada en el cuadro de propiedades utilizando el software Revit.*

- Normar el marco colaborativo dentro de las cláusulas contractuales entre las partes involucradas, como el compromiso de participación en las sesiones ICE. En ese sentido, es importante que el cliente comprometa a sus diseñadores a participar activamente en las sesiones colaborativas y estén dispuestos a incorporar las soluciones propuestas en el proyecto.

El proceso mejorado producto de la aplicación del trabajo colaborativo reducirá drásticamente el número y gravedad de los problemas asociados con las prácticas tradicionales, sin embargo, también representa un cambio significativo en la forma de trabajo tradicional, en el relacionamiento de los involucrados y de los acuerdos contractuales entre ellos. El cambio en la forma de trabajo es uno de los grandes desafíos ya que implica un cambio en las personas y en la cultura de trabajo de cada una de las empresas que componen el equipo del proyecto.

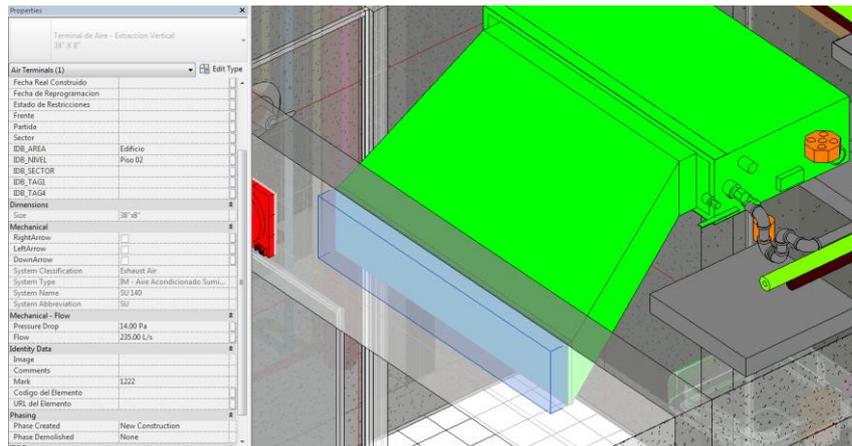
La colaboración entre el cliente, los diseñadores, el contratista general y demás participantes es un requisito necesario pues cada uno aportará con su parte de conocimiento al proyecto y necesitará integrarla con los demás participantes a fin de lograr el objetivo final.

#### Cambios en la práctica y uso de la información.

Otro de los grandes cambios en la práctica y el uso de la información es la aplicación del BIM, la cual también está relacionada al uso eficiente de los recursos y está alineada a la filosofía *Lean Construction* que aplicamos en GyM S.A., para compatibilizar el diseño y gestionar la construcción.

La colaboración de los participantes y el uso de tecnologías que lo faciliten, tal como lo hace el BIM, fomentarán y facilitarán la integración de la información de la fase de diseño y tendrá un consecuente beneficio en la fase de construcción. Solo pensando en el uso intensivo de los modelos 3D (modelos BIM) - los cuales son repositorios de información - se podrá contar con información más confiable, al proceder de la integración de las partes que lo componen.

Adicionalmente, la información podrá ser alimentada de manera progresiva en función de la fase del ciclo de vida en la que se encuentre el proyecto y ser extraída mostrando una visualización tanto tabular como gráfica como la que se muestra en la Figura N° 3.



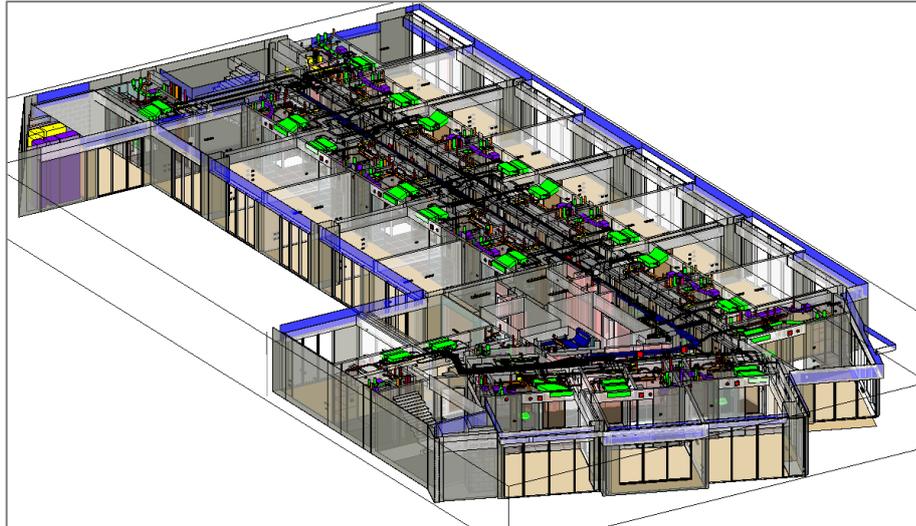
*Figura N° 3: Elemento 3D que contiene información inteligente utilizando el software Revit.*

Sin embargo, el BIM no es el único medio para lograr una eficiente comunicación y colaboración entre las partes, es por ello que de manera holística se debe tener en cuenta que este cambio de práctica implica realmente un cambio de plataforma (hardware, software y procesos), la cual podría involucrar el uso de una nube<sup>7</sup> para registrar la información generada, trabajar con escáner láser o fotogrametría para el registro de la información existente, programas de realidad virtual para visualizar posibles escenarios, utilizar equipos móviles inteligentes que permitan llevar la información de la oficina al campo o viceversa, entre otras cosas.

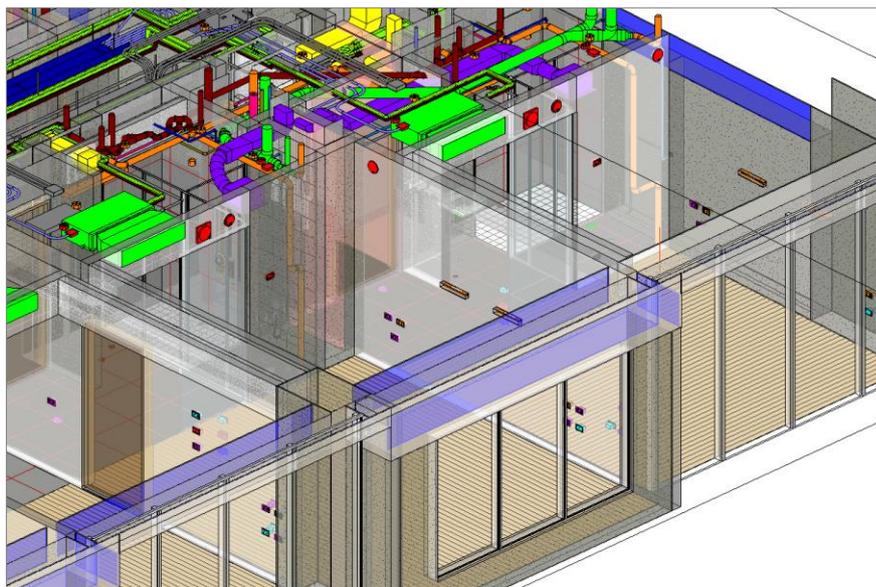
#### Involucramiento de los participantes y detección visual de observaciones.

El uso del BIM permite dar mayor visibilidad a las incompatibilidades y a la densidad de instalaciones en zonas de mayor importancia para un entendimiento claro de las mismas y posteriormente, un adecuado proceso de ejecución. En la Figura N° 4 se muestra el desarrollo del modelado de la zona de corredores de las habitaciones de un proyecto hotelero y en la Figura N° 5, se observa la zona de habitaciones.

<sup>7</sup> La Nube en informática se refiere a un servicio de computación que procesa y almacena datos por medio de una red de servidores. El término proviene del inglés, en el que se usa la expresión *cloud computing*.



*Figura N° 4: Vista general de una planta típica de habitaciones modelada en 3D utilizando el software Revit.*

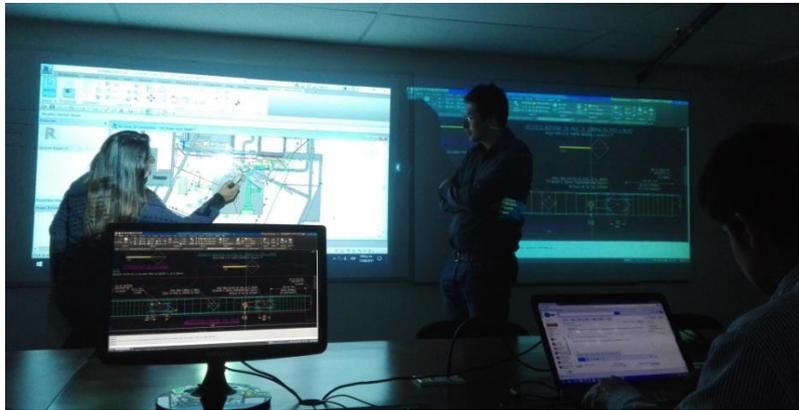


*Figura N° 5: Vista de las instalaciones en FCR en la zona de baños de habitaciones modelada en 3D utilizando el software Revit.*

### Detección y solución de interferencias

Este proceso genera un entendimiento global del proyecto de los involucrados y ayuda a anticiparse y proponer soluciones a las observaciones o errores no previstos en el diseño de las especialidades, generando el tiempo necesario para el planteamiento de soluciones eficientes.

En la Figura N° 6 se muestra una sesión de trabajo colaborativa por parte del equipo de modelado y los jefes de campo de instalaciones, en la que buscan resolver la interferencia de instalaciones atravesando una viga.



*Figura N° 6: Reunión de trabajo utilizando el software Revit para resolver interferencias de elementos.*

#### Facilidad del manejo de información del proyecto en la etapa de operación y mantenimiento

Al finalizar la fase de construcción se podrá contar con el modelo 3D integrado de las especialidades del proyecto, el cual podría ser utilizado en la fase de operación y mantenimiento (O&M)<sup>8</sup> para una rápida consulta de la información de los elementos que lo componen.

Esta ventaja podría ser aprovechada siempre que el cliente solicite de manera oportuna al constructor, la inclusión de los parámetros que requiera controlar. De manera estándar, y sin ser excluyente de cualquier otro, se podrían colocar los siguientes parámetros para la fase de O&M:

- Nombre o código del equipo
- Fabricante / Marca
- Modelo y serie
- Sitio Web (del fabricante)

---

<sup>8</sup> O&M, por Operación y Mantenimiento.

- Ficha Técnica (enlace web para acceder a la ficha técnica, en caso de que no exista en la web, puede cargarse dentro de una nube virtual proporcionada por el cliente)
- Frecuencia de mantenimiento recomendada
- Proveedor / Instalador
- Orden de Compra
- Fecha de Compra

En la Figura N° 7 se muestra como ejemplo, los parámetros asignados a un rociador de agua contra incendio, dentro del modelo 3D.

Identity Data	
Nombre del equipo	Rociador Vertical
Fabricante/Marca	Tyco-Fire
Modelo	TY315, TY325
Serie	TY-B
Sitio Web	<a href="http://www.tyco-fire.com">www.tyco-fire.com</a>
Ficha técnica	<a href="http://www.tyco-fire.co...">http://www.tyco-fire.co...</a>
Frecuencia de Mantenimi...	
Proveedor/Instalador	ICR
Año de Compra	2016

*Figura N° 7: Ejemplo de parámetros asignados a un elemento para la fase de O&M*

Otros parámetros sugeridos a nivel internacional dentro del estándar COBie<sup>9</sup> durante la fase de O&M son aquellos que están relacionados a temas de información no gráfica, como:

- Descripción del sistema.
- Listado de equipos instalados.
- Procedimientos de arranque.
- Procedimientos de cierre.
- Requerimientos de planificación del mantenimiento preventivo.
- Diagramas de distribución.
- Control de objetos y esquemas

<sup>9</sup> COBie es un estándar internacional para el intercambio de datos de la construcción en fase de operaciones y son las siglas de *Construction Operations Building Information Exchange*.

- Procedimientos de mantenimiento.
- Procedimientos de solución de problemas.
- Indicación de herramientas y herramientas no estándar.
- Garantías.
- Hoja de datos del producto.

Por ejemplo, algunos de los parámetros relacionados a los campos indicados líneas arriba son:

- Código de barra.
- Manual de O&M.
- Día de inicio de garantía.
- Día de vencimiento de garantía.
- Vida esperada.

Esta información podrá ser cargada al modelo 3D con la información suministrada en la etapa de obra, tales como fichas técnicas de los equipos instalados, materiales adquiridos, entre otros.

### **1.1. ¿Qué es VDC– Virtual Design and Construction?**

El término “*Virtual Design and Construction*” (VDC) fue acuñado en el 2001 en el *Center for Integrated Facility Engineering* (CIFE) de la Universidad de Stanford, en California impulsado por el Profesor Martin Fischer, director del Center for Integrated Facility Engineering desde el 2001 hasta la actualidad.

El trabajo del Profesor Fischer se centra en mejorar la productividad de los equipos de proyectos involucrados en el diseño, construcción y operación de las instalaciones y mejorar la sostenibilidad del entorno construido, y es así como desarrolla los fundamentos teóricos y las aplicaciones para el diseño y la construcción virtual (VDC).

La metodología VDC se enfoca en el diseño y construcción de una instalación y su proceso de entrega, ayuda a reducir los costos y maximizar el valor durante su ciclo de vida y ha sido utilizada por diferentes organizaciones gubernamentales industriales

pequeñas y grandes, y en diversos proyectos alrededor del mundo como Estados Unidos, Escandinavia, Suiza, Noruega, Singapur y Perú, entre otros.

Pero ¿en qué consiste el VDC? Para ello, trataré de simplificar la definición de la siguiente manera:

En primer lugar, el VDC está enfocado en las personas ya que son las personas de las diferentes empresas que trabajan juntas en los proyectos formando equipos multidisciplinarios las que llevan a cabo los proyectos. Sin embargo, la pregunta que se plantearon en CIFE fue *cómo trabajar mejor juntos* y para ello debemos resaltar la importancia de integrar (*Integrated*) a las diferentes disciplinas al mismo tiempo (*Concurrent*), en lugar de hacerlo de la manera secuencial para identificar problemas y crear soluciones (*Engineering*) de manera colaborativa. A ello se le denomina *Integrated Concurrent Engineering* o ICE.

En segundo lugar, VDC se trata de las herramientas y la tecnología. La industria de la construcción provee o entrega un producto ya sea una edificación, obras de saneamiento, una carretera o cualquier otro tipo de obra y con proyectos cada vez más complejos, la representación digital del proyecto o producto es esencial. En la metodología VDC, la herramienta principal que el equipo requiere para generar valor son los modelos de información de construcción, o BIM por sus siglas en inglés.

Pero, incluso las personas adecuadas con las mejores herramientas no podrán crear valor de manera eficiente a menos que estén trabajando en el proceso correcto por lo que, en tercer lugar, pero no menos importante, tenemos el flujo de trabajo para entregar el producto. El *Project Production Management* o PPM por sus siglas en inglés, considera el proyecto como un sistema de producción y adopta un enfoque de gestión de operaciones para la entrega del proyecto. Es así, que podemos tener un gran equipo de proyecto compuesto por profesionales excelentes que cuentan con las mejores herramientas, pero no lograrán los mejores resultados si trabajan con un flujo de trabajo pobre.

Es usual que, en el desarrollo del planeamiento de un proyecto, el equipo de Oficina Técnica o el planificador del proyecto sea quien se encargue de elaborar el plan de trabajo y sus procesos, sin embargo, durante la ejecución del proyecto vemos con gran frecuencia cómo esos planes y procesos rara vez se llevan a cabo como habían sido previstos. Esto se debería a que es más probable que los procesos se cumplan si han sido creados por las personas que deben realizarlos. Cuando las personas crean de manera conjunta los

procesos, procedimientos y flujos de trabajo que deben seguir, las probabilidades de que las respeten y cumplan, son mayores.

Finalmente, podemos contar con el mejor equipo, las mejores herramientas y los mejores procesos, pero no importará a menos que nos enfoquemos en los mismos objetivos. Para ello debemos establecer cuáles son los objetivos que buscamos conseguir y establecer los mecanismos para medir cómo nuestro trabajo nos acerca al cumplimiento de dichas metas.



*Figura N° 8: Marco VDC*

*Fuente: Extracto tomado de "Introducción a VDC"<sup>10</sup>*

En resumen, VDC es la combinación de información, herramientas y tecnología que, junto con la gestión de producción de proyectos dan el soporte a las personas que trabajan de manera colaborativa, buscando alcanzar los objetivos del proyecto que, a su vez, coadyuvan al cliente a lograr sus objetivos.

En el siguiente esquema se muestra el marco VDC con los componentes que mostramos en la Figura N° 8, donde vemos al equipo de proyecto en las sesiones colaborativas (ICE), haciendo uso de la integración de la información (BIM) con los procesos de la gestión de la producción de proyectos (PPM) para lograr los objetivos del proyecto.

<sup>10</sup> Extracto tomado y traducido de la presentación que el Dr. Martin Fischer presenta en sus conferencias, webinars y cursos sobre la Introducción al Virtual Design and Construction.

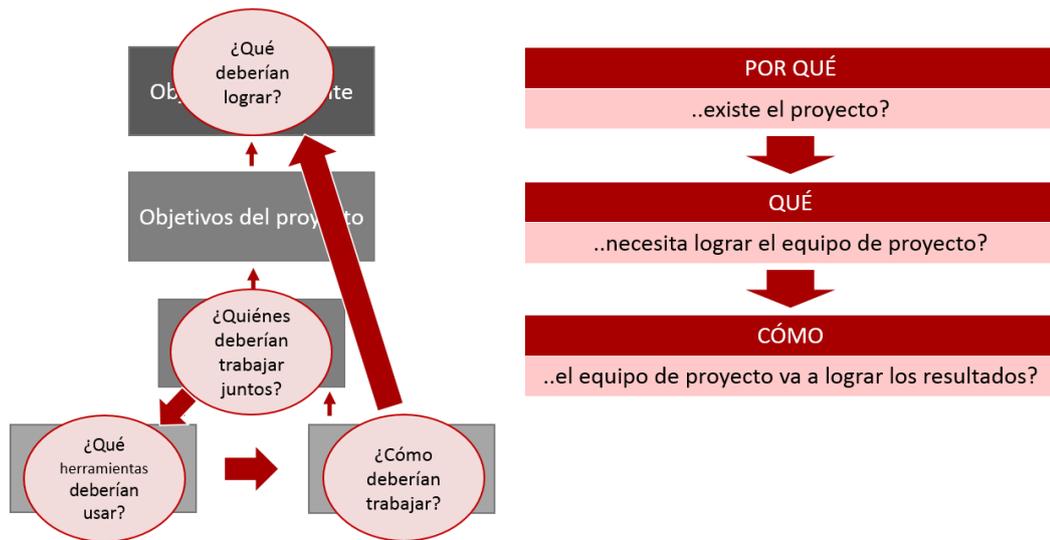


Figura N° 9: Marco VDC y los objetivos de cada componente

Con el VDC se reúne a las personas adecuadas en el momento adecuado para crear sinergia entre los participantes del proyecto y el conocimiento de cada disciplina para tomar decisiones, brinda las mejores herramientas posibles, en particular herramientas que se relacionen directamente con el valor que buscan los clientes, los usuarios y la sociedad, asegura que el proyecto utilice buenos flujos de trabajo y que el equipo del proyecto se centre en las cosas correctas al establecer y realizar un seguimiento de los objetivos del cliente y del proyecto.

Todo ello, resulta interesante pero la pregunta más importante es ¿para qué o por qué deberíamos emplear la metodología VDC en nuestros proyectos?

## 1.2. ¿Por qué aplicar VDC en los proyectos?

Como parte de sus conferencias y presentaciones, el Dr. Fischer comenta las principales razones por las que se debería emplear la metodología VDC en los proyectos:

- Crear edificaciones de alto rendimiento.
- Poner en práctica nuevas tecnologías.
- Evitar el retrabajo.
- Lograr las metas y aspiraciones corporativas.

De acuerdo con el libro “*Integrating Project Delivery*” de Martin Fischer, *un edificio de alto rendimiento es aquel que permite a sus usuarios finales ser más eficaces; es el edificio adecuado para sus necesidades. En pocas palabras, un edificio debe ser útil o utilizable por sus ocupantes, debe poder construirse de manera segura dentro del presupuesto y tiempo disponible, debe ser operable para que los administradores del edificio puedan crear el entorno adecuado para los ocupantes con un gasto acorde y, finalmente, un edificio debe ser sostenible en su contexto económico, ambiental y social. Un edificio de alto desempeño es capaz de demostrar que cumple con los valores y objetivos establecidos por el propietario al inicio del proyecto, utilizando métricas específicas desarrolladas para evaluar su logro.*<sup>11</sup>

El objetivo final del proyecto y del cliente es crear construcciones de alto rendimiento, pero para ello debemos definir qué significa alto rendimiento ya que dependerá de cada situación o proyecto particular. Para un determinado proyecto, alto rendimiento puede significar el menor costo de construcción, un edificio con neutralidad de carbono o que el edificio inicie operaciones antes de una determinada fecha como, por ejemplo, la apertura de un centro comercial para la campaña navideña. En ese sentido, para tener un edificio de alto rendimiento debemos declarar qué parámetros lo convierten en un edificio de alto rendimiento.

En líneas generales, un edificio de alto rendimiento debe ser:

- Utilizable
- Operable
- Sostenible
- Construible o edificable

---

<sup>11</sup> Extracto traducido del libro “*Integrating Project Delivery*” de Martin Fischer, Howard Ashcraft, Dean Reed y Atul Khanzode.

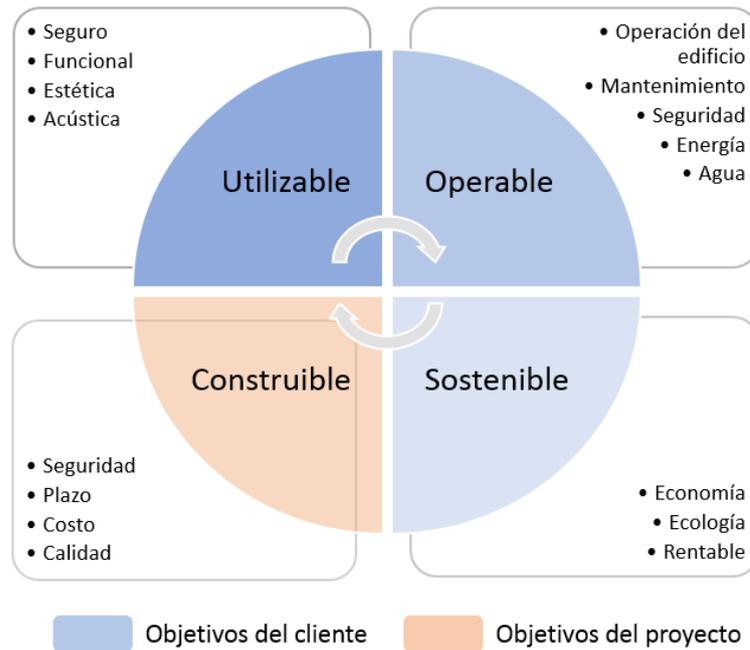


Figura N° 10: Objetivos del proyecto

### 1.3. Marco VDC (VDC Framework)

La mejor estrategia para crear un edificio de alto rendimiento es que sus sistemas estén integrados y en donde las instalaciones trabajen en conjunto. Un ejemplo de ello sería que el sistema de ventilación y aire acondicionado de una edificación haya sido diseñado de manera sinérgica con la fachada para optimizar el consumo energético, en lugar de ser diseñados de manera independiente y aislada. De forma similar, la mejor estrategia para integrar los sistemas es integrar los procesos que crean esos sistemas. Por ejemplo, en un proyecto de edificación es sumamente importante que los planos de arquitectura y el diseño de estructuras estén compatibilizados e integrados, y la mejor forma para integrar los procesos es integrar a la organización, a las personas que llevan a cabo los procesos y trabajar con información consolidada.

En la siguiente figura se muestra el marco simplificado (*Simple Framework*) para la integración de la entrega del proyecto.

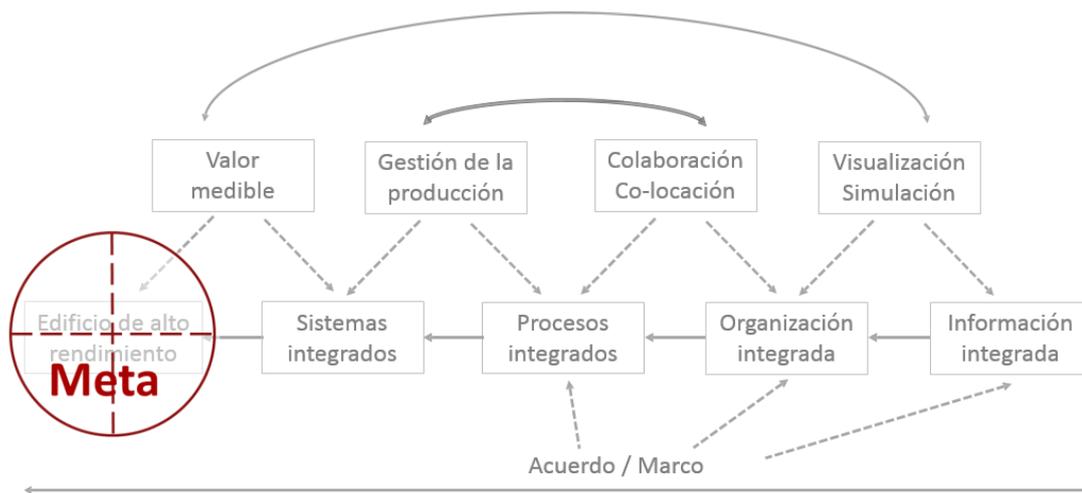


Figura N° 11: Simple Framework

Fuente: Extracto tomado de "Introducción a VDC"<sup>12</sup>

Un edificio de alto rendimiento está compuesto por sistemas integrados, donde los sistemas son diseñados para trabajar de manera conjunta y complementaria, esto implica que personas de diferentes disciplinas deban trabajar juntas, colaborar e intercambiar información.

Las simulaciones y visualizaciones que se producen a partir de la información integrada sirven de apoyo a las personas de las diferentes disciplinas para integrar la información. Uno de los principales mecanismos para garantizar que los equipos de proyectos lleven a cabo la integración de sus procesos son la co-locación y la colaboración - también conocida como Integrated Concurrent Engineering (ICE) promovida por el *Jet Propulsion Laboratory*<sup>13</sup> para reducir los tiempos de diseño en los proyectos de misiones espaciales - y consiste en hacer que las personas trabajen en un mismo ambiente. La gestión de la producción nos sirve para asegurarnos que la organización está realizando los procesos correctos en el momento correcto, al crear este conjunto de sistemas integrados.

<sup>12</sup> Extracto tomado y traducido de la presentación que el Dr. Martin Fischer presenta en sus conferencias, webinars y cursos sobre la Introducción al Virtual Design and Construction.

<sup>13</sup> *Jet Propulsion Laboratory* o JPL es el centro de investigación y desarrollo financiado por el gobierno federal administrado para la NASA por Caltech, quienes desarrollaron el enfoque de "Extreme Collaboration" o Colaboración Extrema que posteriormente fue denominado como Integrated Concurrent Engineering por los investigadores de CIFE al estudiar los procesos de JPL.

## 1.4. Métricas

Para definir qué significa que algo sea de alto rendimiento, tenemos que definir cuál es el valor medible, y en el caso de los proyectos, las preguntas a responder son cómo se evaluaría el desempeño de las prácticas de diseño y construcción, qué logró el equipo del proyecto cuando entregó el proyecto terminado al cliente y qué determina el buen desempeño del edificio para el cliente.



Figura N° 12: Esquema del marco VDC con los componentes

Fuente: Extracto tomado de "Introducción a VDC"<sup>14</sup>

Un punto clave para diferenciar los objetivos del cliente y los objetivos del proyecto es que los objetivos del cliente solo pueden medirse cuando la edificación está en uso y los objetivos del proyecto son aquellos cuyo cumplimiento es verificado al término de la construcción del proyecto cuando es entregado al cliente.

En ambos casos se trata de los resultados obtenidos para determinar si cumplimos o no con los objetivos planteados. Los objetivos del proyecto son evaluados cuando la obra ha concluido y entonces es muy tarde para hacer algo al respecto, por lo que es importante contar con métricas a lo largo de la ejecución del proyecto que nos permitan tomar decisiones y acciones correctivas para asegurar el cumplimiento de los objetivos del

<sup>14</sup> Extracto tomado y traducido de la presentación que el Dr. Martin Fischer presenta en sus conferencias, webinars y cursos sobre la Introducción al Virtual Design and Construction.

proyecto. Estas métricas se denominan métricas de producción y las acciones que decidimos llevar a cabo son los factores controlables.

En la metodología VDC, los factores controlables son decisiones clave que el equipo de proyecto decide llevar a cabo, por ejemplo, pueden decidir desarrollar el proyecto con un modelo 3D o no, pueden decidir integrar a todos los involucrados en el equipo de trabajo o trabajar el proyecto por etapas.

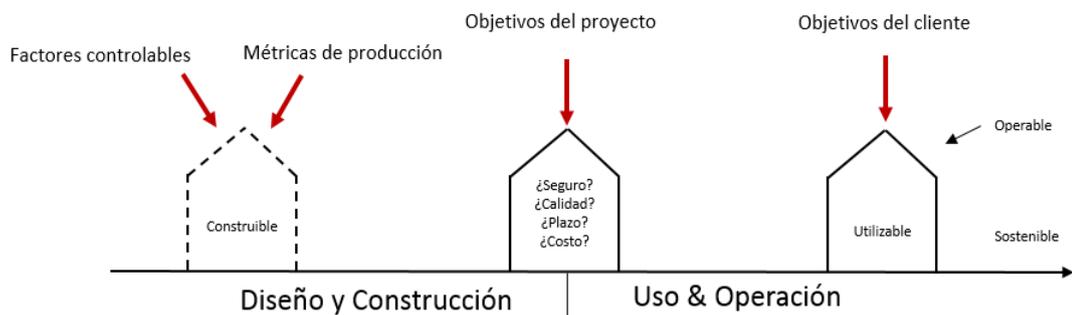


Figura N° 13: Esquema de los elementos VDC a lo largo del ciclo de vida del proyecto

Fuente: Extracto tomado de "Introducción a VDC"<sup>15</sup>

En la Figura N° 13 esquematizamos el ciclo de vida del proyecto en una línea de tiempo donde tenemos el edificio con trazos discontinuos para representar que se encuentra en proceso y es donde mediremos los factores controlables y métricas de producción. Una vez que el edificio ha sido terminado, en la entrega del producto al cliente podemos medir los objetivos del proyecto, es decir si terminamos a tiempo, si se ejecutó con el presupuesto disponible, con la calidad esperada y sin accidentes. De forma similar, durante la operación, podremos ver si el edificio cumple con los objetivos del cliente, es decir si se puede usar, si es sostenible y operable.

Es importante saber diferenciar las métricas de producción y los factores controlables. Como mencionamos, los factores controlables son aquellas acciones que el equipo de proyecto decide hacer con miras a que el proyecto sea exitoso, por ejemplo, pueden decidir a quienes convocar a las reuniones, pueden decidir tener reuniones de coordinación semanales o tener reuniones diarias. Los factores controlables son

<sup>15</sup> Extracto tomado y traducido de la presentación que el Dr. Martin Fischer presenta en sus conferencias, webinars y cursos sobre la Introducción al Virtual Design and Construction.

decisiones que cuestan dinero, demandan recursos, esfuerzo y tiempo, por lo que el equipo de proyecto debe tomar la decisión de llevar a cabo esas acciones y evaluar si les van a generar un retorno o beneficio.

Las métricas de producción nos sirven para medir qué tan bien - o mal - se desarrolla el proyecto con los factores controlables que hemos decidido realizar, por ejemplo, saber cuánto retrabajo se ha generado o qué tan rápido estamos resolviendo las incompatibilidades.

En resumen, los factores controlables son decisiones que tomamos y que podemos controlar, mientras que las métricas de producción sirven para medir si esas decisiones fueron buenas, obtener una retroalimentación que nos permita tomar acciones sobre esos resultados y llegar al término del proyecto cumpliendo los objetivos como son, dentro del plazo y con el presupuesto asignado.



Tabla 1: Cuadro de áreas

PISOS / NIVELES	HOTEL 5 ESTRELLAS	HOTEL 3 ESTRELLAS	SUBTOTAL (m2)
	AREA (m2)	AREA (m2)	
Techo	30.14		30.14
Azotea	465.48		465.48
Piso 20	1,100.12		1,100.12
Piso 19	1,100.12		1,100.12
Piso 18	1,100.12		1,100.12
Piso 17	1,100.12		1,100.12
Piso 16	1,100.12		1,100.12
Piso 15	1,100.12		1,100.12
Piso 14	1,100.12		1,100.12
Piso 13	1,100.12		1,100.12
Piso 12	1,100.12		1,100.12
Piso 11	1,100.09		1,100.09
Piso 10	1,100.09		1,100.09
Piso 9	1,100.09	17.73	1,117.82
Piso 8	1,099.98	355.76	1,455.74
Piso 7	1,099.98	629.60	1,729.58
Piso 6	1,099.98	629.60	1,729.58
Piso 5	1,099.98	629.60	1,729.58
Piso 4	1,074.67	629.60	1,704.27
Piso 3	1,108.67	601.11	1,709.78
Mezzanine	63.65	-	63.65
Piso 2	1,120.10	645.31	1,765.41
Piso 1	838.46	687.39	1,525.85
Sótano 1	2,424.63		2,424.63
Sótano 2	2,984.90		2,984.90
Sótano 3	3,109.92		3,109.92
Sótano 4	3,124.69		3,124.69
Sótano 5	3,134.15		3,134.15
Sótano 6	3,135.38		3,135.38
<b>ÁREA TECHADA</b>	<b>40,216.11</b>	<b>4,825.70</b>	<b>45,041.81</b>

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se presenta la distribución esquemática del proyecto, por niveles:

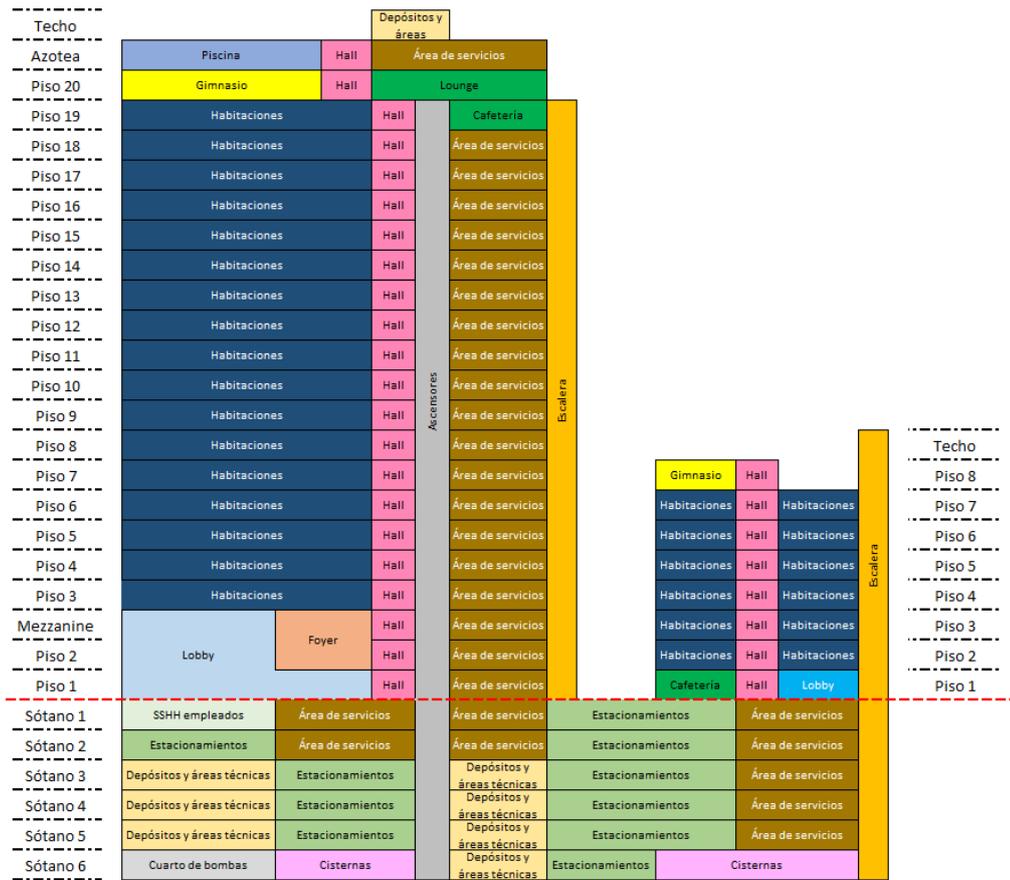


Figura N° 15: Esquema del proyecto por niveles

Fuente: Elaboración propia.

El hotel Intercontinental posee 322 habitaciones distribuidas en habitaciones Queen (115), King (171), King ADA (7), Junior Suite (8), Junior Suite Connecting (6), Junior Suite ADA (1), Executive Suites (11), Executive Suite ADA (1), Superior Suite (1) y Grand Suite (1).

Tabla 2: Tipo de habitaciones Hotel Intercontinental

	Cant.	Queen	King	King ADA	Junior Suite	Junior Suite Connecting	Junior Suite ADA	Executive Suite	Executive Suite ADA	Superior Suite	Grand Suite	Hab.x piso	Total Hab.
<b>INTERCONTINENTAL</b>													
P04	1	5	11		1							17	17
P05 a P08	4	7	13	1								21	84
P09 a P11	3	7	14									21	63
P12	1	7	6	1	1		1	1	1			18	18
P13 a P17	5	7	7		1	1		2				18	90
P18	1	7	6	2	1	1				1		18	18
P19	1	7	10								1	18	18
P20	1	5	9									14	14
		<b>115</b>	<b>171</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>1</b>	<b>11</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>		<b>322</b>

Fuente: Elaboración propia

Mientras que el Hotel Índigo posee 76 habitaciones distribuidas en Queen (26), King (38), King ADA (2), Junior Suite (6) y Executive Suite (4).

*Tabla 3: Tipo de habitaciones Hotel Índigo*

	Cant.	Queen	King	King ADA	Junior Suite	Executive Suite	Hab.x piso	Total Hab.
<b>INDIGO</b>								
P02	1	5	5	1	1		12	12
P03	1	5	5	1	1		12	12
P04 a P07	4	4	7		1	1	13	52
		26	38	2	6	4		76

*Fuente: Elaboración propia*

En los niveles subterráneos se encuentran los 169 estacionamientos distribuidos en los niveles de sótanos 03 a 06. En el sótano 06 se ubican las cisternas de agua dura, agua blanda, cisternas contraincendio, los cuartos de bombas de cada hotel, así como la subestación eléctrica y sala de grupo electrógeno del hotel Intercontinental. La subestación eléctrica y sala de grupo electrógeno del hotel Índigo se ubica en el sótano 04.

Las áreas de servicio tales como lavandería, servicios higiénicos y camerinos para el personal, así como las salas de reuniones y de capacitaciones para el staff del hotel Intercontinental se encuentran en el sótano 03. De manera similar, las áreas de servicio del hotel Índigo incluyendo la lavandería y cocina se encuentran en el sótano 02.

En el primer nivel (P01) se encuentra el ingreso a los hoteles con el lobby y recepción, salas lounge y bar. En el caso del hotel Índigo, las habitaciones se desarrollan desde el segundo nivel (P02) hasta el séptimo nivel (P07), a diferencia del hotel Intercontinental que, por ser de mayor categoría cuenta con mayores áreas de uso público en el segundo y tercer nivel, y las habitaciones se desarrollan desde el cuarto nivel (P04) al vigésimo nivel (P20).

En las azoteas de ambos hoteles se encuentran los equipos de climatización (HVAC<sup>16</sup>), los equipos del sistema de calentamiento de agua y algunas áreas públicas como la piscina y sky bar en el hotel Intercontinental y el gimnasio en el hotel Índigo.

<sup>16</sup> HVAC es la abreviación de *Heating, Ventilation and Air Conditioning*, que se traduce en Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado y que para el presente proyecto equivale a las Instalaciones Mecánicas.

El propietario<sup>17</sup> del proyecto es la Inmobiliaria Vistamar S.A. cuya gerencia de proyecto está a cargo del proyecto y han contratado a la empresa Schmidt & Chavez-Tafur S.R.L. para que se encargue de la supervisión del proyecto. Los diseñadores del proyecto son empresas reconocidas en el sector, la mayoría son empresas locales con algunas excepciones como las empresas a cargo del diseño de arquitectura y del diseño de interiores que son empresas chilenas.

*Tabla 4: Principales diseñadores*

Principales disciplinas	Empresa
Arquitectura	Fuenzalida Swinburn & Asociados
Estructuras	Blanco Ingenieros
Diseño de Interiores	Estudio Margozzini
Diseño acústico	Arquicust SRL
Instalaciones Eléctricas	AT Consultores
Instalaciones Sanitarias	AT Consultores
Instalaciones Mecánicas (HVAC)	GCI Ingenieros
Sistema contra incendios	ESSAC
Detección y alarma	ESSAC
Control de acceso e intrusión	ESSAC
Sellos cortafuego	ESSAC
CCTV	ESSAC
Iluminación	Claudia Paz
Paisajismo	EcoArt
Equipamiento de cocina	Laboratorio Gastronómico
Equipamiento de lavandería	Grupo Salobreña

*Fuente: Elaboración propia.*

<sup>17</sup> En el presente Informe Técnico, para los términos cliente y propietario, nos referimos a Inmobiliaria Vistamar S.A.

La construcción del proyecto fue adjudicada a GyM S.A. en dos etapas. La primera consiste en la ejecución de la obra gruesa que abarca la excavación, movimiento de tierras y estabilización de taludes, así como la construcción de las estructuras que abarca desde los cimientos hasta el nivel de techo sin incluir las instalaciones, terminaciones, muros ni cierre de vanos e incluye el modelado 3D de las estructuras del proyecto. Dicho contrato, bajo la modalidad de suma alzada fue firmado el 01 de julio del 2019 y estaba previsto que culmine el 14 de agosto del 2020. Sin embargo, dado a que en marzo del 2020 se paralizaron los trabajos por el Estado de Emergencia Nacional debido a la coyuntura sanitaria por la pandemia del COVID-19, la fecha de término de la etapa 1 fue modificada al 20 de enero del 2021.

La segunda etapa de la obra consiste en la ejecución de los trabajos de albañilería y acabados, modelado 3D de la arquitectura e instalaciones del proyecto y a la administración de las partidas contratadas directamente por el propietario y por los cuales el contratista general (GyM S.A.) recibirá un porcentaje del costo total (fee<sup>18</sup>) de los contratos administrados. Cabe precisar que no todas las partidas serán administradas por el contratista general, habiendo partidas que serán gestionadas directamente por la gerencia de proyectos del propietario. El contrato de la segunda etapa fue firmado el 14 de febrero del 2020 y la fecha de inicio oficial fue el 17 de febrero del 2020 debiendo culminar el 30 de noviembre del 2021.

El monto de contratación de la primera etapa del proyecto ascendía a casi 33 millones de Soles, mientras que el monto de contratación de la segunda etapa era de 27 millones de Soles. Ambos montos incluyen los gastos generales y utilidad, pero no incluyen el fee de los contratos administrados ni el impuesto general a las ventas.<sup>19</sup>

Las empresas o partidas administradas son:

*Tabla 5: Principales partidas administradas*

Principales disciplinas	Empresa
Instalaciones Eléctricas	AyA Edificaciones

(Continúa tabla en la siguiente página)

<sup>18</sup> Pago realizado a un profesional, organismo o empresa a cambio de asesoramiento o servicios.

<sup>19</sup> Por confidencialidad, los datos exactos no son revelados. Sin embargo, se aclara que para los efectos del presente informe técnico no son relevantes.

Principales disciplinas	Empresa
Instalaciones Sanitarias	AyA Edificaciones
Instalaciones Mecánicas (HVAC)	Refriperu
Instalaciones de gas	Vilao SAC
Agua contra incendios	Engie
Detección y alarma	Engie
Muro cortina	Cánovas
Ascensores	Trianon

Fuente: Elaboración propia.

El plazo de ejecución de la obra se esquematiza de forma general en la Figura N° 16, diferenciando las dos etapas de ejecución de la obra.



Figura N° 16: Cronograma esquemático

Fuente: Elaboración propia.

## 2.1. Situación previa a la implementación VDC

El alcance de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento de la segunda etapa de la obra corresponde al modelado de la ingeniería desarrollada por los diseñadores contratados por el propietario para la elaboración del Expediente Técnico del Proyecto, así como a la compatibilización del proyecto de instalaciones y arquitectura con el modelo

3D, de tal manera que permita identificar de manera temprana los errores de expresión e incompatibilidades gráficas entre especialidades.

El objetivo de este proceso es resolver las interferencias e incompatibilidades que surgen producto de errores de dibujo o expresión gráfica que se encuentren en los planos, memorias descriptivas, y especificaciones técnicas de la misma especialidad o entre especialidades.

Para la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento, GyM S.A. propuso en la etapa de concurso, un sistema de trabajo colaborativo en el que se integre a los diseñadores, cliente, supervisión y contratista general para dar solución a los problemas o incompatibilidades detectadas, teniendo en cuenta que la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento se desarrollaría en paralelo con la ejecución de la obra y que, por definición, implicaba la interacción de varios participantes así como la comunicación y flujo de información entre ellos, por lo que se planteó la metodología VDC como método de gestión para dicho alcance, el cual consistía principalmente en:

- La coordinación, integración y compatibilización de las ingenierías desarrolladas por los diseñadores contratados por el cliente con el apoyo de los modelos 3D.
- La programación y ejecución de sesiones ICE (Integrated Concurrent Engineering) para el trabajo colaborativo, las cuales se llevarían a cabo en las oficinas de GyM S.A.
- Las coordinaciones con los distintos diseñadores y con el cliente, para la solución de las incompatibilidades.
- La propuesta de solución de las incompatibilidades detectadas, las mismas que debían ser validadas e incorporadas en el proyecto, por los diseñadores.
- La alerta de posibles omisiones de los diseñadores en la incorporación de las soluciones de incompatibilidades.

Por otro lado, cabe mencionar algunas precisiones sobre el alcance contractual de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento:

- La responsabilidad del contratista general es la detección de incompatibilidades, mientras que su solución es responsabilidad de los diseñadores de cada disciplina.
- El contratista general tiene la potestad de proponer alternativas de solución en los casos que le sea posible, dada su experiencia técnica en proyectos similares. En

caso realice alguna propuesta, esta debe ser validada por la gerencia de proyectos del propietario y los diseñadores del proyecto, para su implementación en el proyecto.

- El contratista general no es responsable de la calidad del diseño, ni de actualizar los planos.
- El contratista general no es responsable del diseño, de realizar el rediseño, modificación o incorporación de las soluciones en los planos y documentos del proyecto, siendo esta labor y responsabilidad de los diseñadores. De igual manera, el contratista general no será responsable por el incumplimiento en el plazo de entrega de las especialidades contratadas directamente por el cliente.

GyM S.A. firmó el contrato de la segunda etapa de la obra el 14 de febrero del 2020 y realizó la subcontratación de una empresa especializada en el modelado 3D, para llevar a cabo el modelado de las instalaciones y arquitectura del proyecto sobre el modelo de estructuras desarrollado en la primera etapa de la obra. La empresa contratada a fines de febrero fue Digital Construction Management S.A.C. (DCM), pocos días antes de que se declarase la cuarentena nacional y todas las obras de construcción fueran suspendidas.

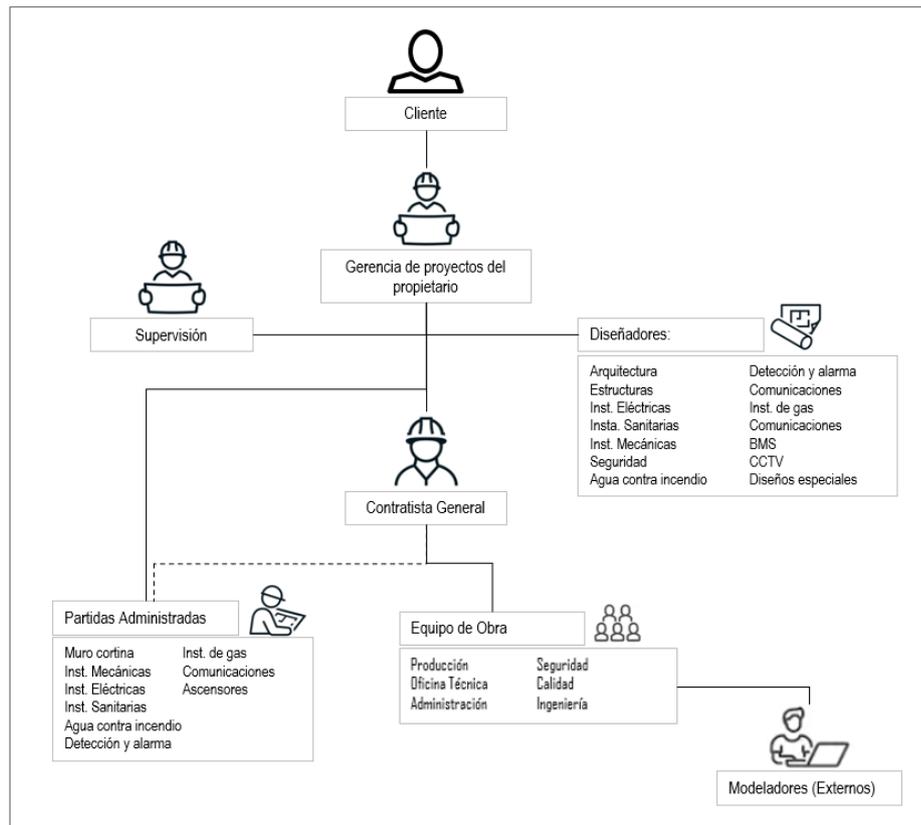
Si bien la ejecución del proyecto fue paralizada, para efectos de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento, la cuarentena sirvió para que DCM pudiese avanzar con el modelado de las instalaciones y arquitectura y así poder detectar y reportar una gran cantidad de solicitudes de información previo al inicio del plazo de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento. Este antecedente se ve reflejado en el Gráfico N° 3 donde se muestra la cantidad de RFIs emitidos previo a la implementación VDC con un promedio de 15 RFIs por semana y un máximo de 43 RFIs entre febrero y junio del 2020.

Ingresé al proyecto el 24 de junio del 2020, dos semanas previo al inicio oficial de la etapa de actualización del modelo 3D existente que fue el 10 de julio del 2020, y para esa fecha la empresa DCM había modelado la arquitectura y gran parte de las instalaciones del proyecto. Por otro lado, teniendo en cuenta que la fecha de inicio oficial de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento fue postergada por la cuarentena nacional y que el plazo contractual para llevar a cabo el servicio era de 45 días calendario, la fecha

de término prevista para la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento era el 24 de agosto del 2020.

Organización (ICE):

A continuación, se muestra el esquema general con la organización del proyecto compuesta por el cliente o propietario, la supervisión, los diseñadores, el contratista general, los subcontratistas y partidas administradas.



*Figura N° 17: Organigrama general*

*Fuente: Elaboración propia.*

Teniendo en cuenta a los diferentes grupos de interés, en la etapa de concurso para la adjudicación de la ejecución de la segunda etapa de la obra, GyM S.A. planteó un plan de trabajo que comprendía la participación de los diseñadores en las sesiones ICE para la solución de las incompatibilidades, y para ello era de suma importancia que el cliente comprometa la participación activa de los diseñadores de ingeniería y en caso lo considere necesario, de los representantes de sus principales unidades de negocio como, por ejemplo, del personal que estará a cargo de la operación y mantenimiento del hotel.

A pesar de que la propuesta integral había sido aceptada, y que esta incluía no solo el plan de trabajo para la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento sino también el plan de ejecución de los trabajos de la segunda etapa, el plan de trabajo de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento tuvo que ser modificado – como se explicará más adelante - ante la falta de comunicación directa con los diseñadores y su ausencia en las sesiones ICE.

### Modelo (BIM):

Para el modelo 3D se ha considerado un nivel de desarrollo LOD300<sup>20</sup> ya que aporta información suficiente y la geometría de los elementos para la compatibilización de las especialidades en la etapa de diseño.

Los elementos del modelo 3D, en donde por la complejidad de su ejecución o la concurrencia de instalaciones en una zona específica, podrán desarrollarse con un mayor nivel de desarrollo para el modelado 3D en una etapa futura, cercana al término de la construcción del proyecto cuando se cuente con los planos as built y las fichas técnicas de los equipos y materiales instalados. En ese último caso, el nivel de desarrollo del modelado sería LOD450 - LOD500, siendo una representación verificada de lo ejecutado e instalado en campo, pudiendo ser empleado el modelo BIM para el mantenimiento y operación de la infraestructura si así lo requiriese el cliente.

El alcance del modelo es el siguiente:

- Modelado BIM de Estructuras en software Revit.

El modelo de estructuras no incluye el modelado de la armadura.

- Modelado BIM de Arquitectura en Revit en LOD300.

Para el modelado de arquitectura se consideran dentro del alcance las partidas principales como son: muros de albañilería, tabiques de drywall, muros compuestos por capas, tarrajeo, cielo raso, falso cielo raso, puertas, ventanas, mamparas, contrapisos, cobertura, aparatos sanitarios, diferenciando por tipo de acabados para exportar cantidades y metrados.

- Modelado BIM de las Instalaciones en Revit en LOD300.

---

<sup>20</sup> <http://bimforum.org/lod>

Modelado de las instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, instalaciones mecánicas, instalaciones de gas, instalaciones contra incendio, instalaciones de comunicaciones, data y alarma. Se consideran las instalaciones adosadas, salidas y elementos principales.

- Todos los elementos son modelados de forma volumétrica teniéndose en cuenta las dimensiones básicas especificadas en los planos de los especialistas.

#### Proceso (PPM):

De manera tradicional, el flujo del proceso de diseño es – a grandes rasgos – lineal. El cliente indica al arquitecto cuáles son los requerimientos y necesidades que busca cubrir con la edificación. El arquitecto esquematiza el proyecto luego el ingeniero estructural diseña las estructuras para que posteriormente los ingenieros de instalaciones hagan lo propio y a continuación, el constructor interpreta los diseños realizados para construir el proyecto. El problema con este esquema de trabajo dependiente o secuencial es que los diseñadores trabajan de forma aislada, sin mayor interrelación con los demás diseñadores lo que origina que, al construir el proyecto se generen innumerables problemas por incompatibilidades, indefiniciones, riesgos de seguridad o falta de información, lo que impacta en los objetivos del proyecto de calidad, seguridad, costo y plazo.

En el mejor de los casos, los diseñadores podrán detectar algunas incompatibilidades y realizar alguna modificación que solucione el problema. Sin embargo, sigue siendo un análisis y planteamiento de solución aislado que podría desencadenar en nuevas incompatibilidades.

En la siguiente figura se esquematiza de forma general, el proceso tradicional de diseño y construcción en la que se observa que no hay mayor comunicación e interacción entre los diseñadores y el constructor.

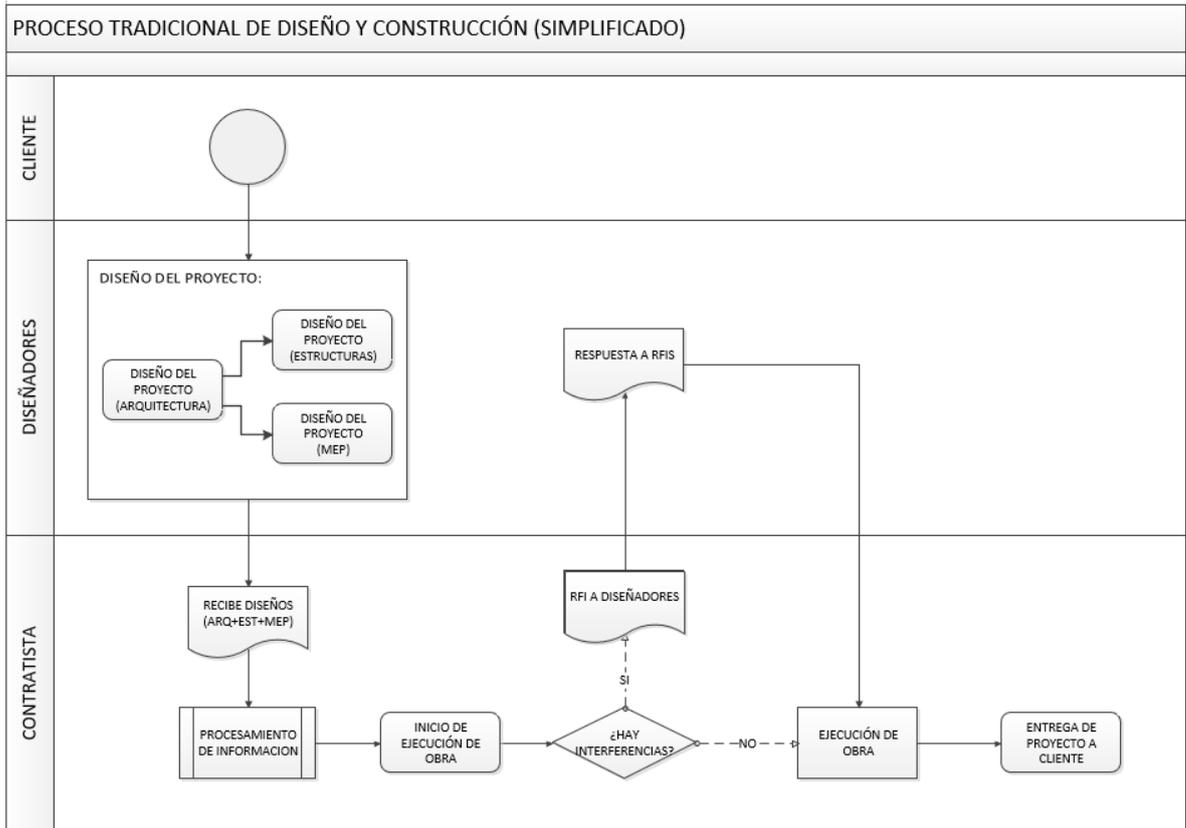


Figura N° 18: Flujo tradicional del proceso

Fuente: Elaboración propia.

## **CAPÍTULO III: IMPLEMENTACIÓN DE LA METODOLOGÍA VDC EN EL PROYECTO**

Como se indicó en el capítulo anterior, la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento consiste en el modelado, coordinación y compatibilización virtual a partir de los modelos 3D de los diseños elaborados por los diseñadores que han sido contratados por el propietario para la elaboración del Expediente Técnico del Proyecto. Para la compatibilización del proyecto se planteó un sistema de trabajo colaborativo basado en el enfoque de la metodología VDC contando con el apoyo de los diseñadores, el cliente y la supervisión, de tal manera que permita identificar de manera temprana los errores de expresión e incompatibilidades gráficas entre especialidades de la segunda etapa de la Obra y así, dar solución a los problemas o incompatibilidades detectados.

Para ello, es importante definir qué se entiende por incompatibilidades. Para efectos del presente proyecto, contractualmente se definió a las incompatibilidades como aquellas que surgen producto de una incorrecta representación gráfica o ausencia de ella, a la falta de algún detalle o interferencias en los planos cuando el detalle de un elemento no guarda relación con lo indicado en los demás planos, a errores de dibujo o expresión que se encuentren en los planos, memorias descriptivas y especificaciones técnicas.

Este tipo de incompatibilidades solo pueden ser levantadas por el diseñador del proyecto a través de la Gerencia de Proyectos del propietario. El contratista general tiene 60 días desde la recepción de las memorias descriptivas y los planos para construcción, para informar de dichas incompatibilidades al propietario.

Por otro lado, las observaciones son la ausencia o incumplimientos puntuales del Expediente Técnico del Proyecto, requisitos de calidad y requisitos de la normativa vigente. Para efectos del contrato, el término incluye las "no conformidades".

### **3.1. Motivación y enfoque de la aplicación VDC**

La ejecución de la obra inició en julio del 2019 con la primera etapa, que consiste en la excavación, movimiento de tierras, estabilización de taludes, cimentaciones y construcción de la obra gruesa. La segunda etapa de la obra consiste en las instalaciones, acabados y equipamiento e inició el 17 de febrero del 2020 sin embargo, el expediente técnico no se encontraba compatibilizado y algunos diseños como el proyecto acústico y el diseño de interiores aún se encontraban en desarrollo por lo que, la principal motivación

de la implementación VDC en el proyecto fue el de proveer al cliente, al equipo de proyecto y subcontratistas, un modelo 3D actualizado para el planeamiento de la ejecución de la obra y procurando a través de las sesiones ICE, la solución conjunta de las incompatibilidades y falta de información detectadas reduciendo el tiempo de respuesta a las consultas de la primera etapa que era de 45 días en promedio.

### **3.2. Objetivo de la aplicación VDC**

Para la adecuada aplicación de la metodología hubo que definir el objetivo de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento. En ese sentido, el objetivo ideal era entregar un modelo actualizado, es decir un modelo desarrollado en base a los planos iniciales del expediente técnico del proyecto y actualizado según los planos modificados y las respuestas a las solicitudes de información (RFI) recibidas, y el plazo para llevarlo a cabo era de 45 días calendario.

En ese sentido, se plantearon los objetivos del cliente como “contar con un hotel que asegure la adecuada operación y mantenimiento de sus instalaciones y en el que sus huéspedes se sientan a gusto. Es fundamental cumplir con la fecha de entrega para que el hotel empiece a operar lo antes posible y sin incurrir en costos adicionales para lograr la rentabilidad esperada”. Consecuentemente, el objetivo del proyecto es “ejecutar el proyecto según el cronograma de obra sin retrasos ni sobrecostos debido a retrabajos por incompatibilidades de ingeniería”.

Por ende, el objetivo de la aplicación de la metodología VDC es poder entregar al cliente y al equipo de obra, un modelo 3D actualizado para el planeamiento y toma de decisiones en un plazo de 45 días. La meta es lograr la compatibilización de un proyecto complejo en un plazo muy corto más aún, teniendo en cuenta que el proyecto se encontraba en ejecución por lo que era sumamente importante la rápida detección y solución de las incompatibilidades.

El papel o rol principal del VDC en el cumplimiento de los objetivos es promover una forma de trabajo colaborativa que permita llevar a cabo la ejecución del proyecto de acuerdo con el cronograma de obra, minimizando el riesgo de sobrecostos y retrabajos debido a incompatibilidades o indefiniciones de diseño.



*Figura N° 19: Objetivos de los componentes*

*Fuente: Extracto tomado de "Introducción a VDC"<sup>21</sup>*

Hasta el momento hemos establecido el por qué existe el proyecto, es decir el objetivo del cliente y qué necesita lograr el equipo de proyecto esto es, el objetivo del proyecto. Pero, nos falta establecer cómo es que el equipo de proyecto planea lograrlos.

Partiendo de la premisa de que los componentes VDC nos servirán para lograr los objetivos del proyecto y del cliente debemos establecer qué esperamos lograr con la aplicación de cada uno de los componentes. En ese sentido, el propósito de las sesiones ICE es facilitar la solución de las incompatibilidades de manera colaborativa, minimizando la generación de nuevas incompatibilidades y procurando la reducción del tiempo de atención por consulta, el modelo 3D nos permitirá facilitar la visualización y entendimiento del proyecto a todos los involucrados, así como la detección temprana de incompatibilidades mientras que PPM nos ayudará a definir los procesos para reducir el periodo de latencia o tiempo de respuesta.

### **3.3. Métricas de producción y factores controlables**

Para una adecuada implementación se requiere de todos los elementos VDC ya que se complementan entre ellos. Con PPM establecimos el nuevo proceso de trabajo de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento para el logro de los objetivos, BIM para la visualización del proyecto y detección de incompatibilidades y las sesiones

---

<sup>21</sup> Extracto tomado y traducido de la presentación que el Dr. Martin Fischer presenta en sus conferencias, webinars y cursos sobre la Introducción al Virtual Design and Construction.

ICE como ambiente para el proceso de trabajo colaborativo con los involucrados para la solución de las incompatibilidades.

Con esos propósitos en mente planteamos los siguientes factores controlables y métricas de producción para el proyecto, las metas que esperamos lograr, así como la forma en que las mediremos:

*Tabla 6: Métricas de producción y factores controlables planteadas para el componente ICE*

ICE		Objetivo	Métrica	Meta
<b>Métricas de Producción</b>	MI-1 <sup>22</sup>	Efectividad de la sesión ICE	(Cant. consultas resueltas / Cant. Consultas programadas) x 100	85%
	MI-2	Eficiencia de la sesión ICE	(Duración de la sesión ICE / Cant. de consultas resueltas)	<= 10 min/ consulta
<b>Factores Controlables</b>	FI-1	Realizar sesiones ICE semanales.	Cant. de sesiones / Cant. de semanas	1.00
	FI-2	Promover un ambiente de trabajo colaborativo	(Cant. de asistentes / Cant. de convocados) x 100	90%

*Fuente: Elaboración propia*

<sup>22</sup> Para la codificación MI-1, “M” corresponde a Métrica de Producción, “I” corresponde a ICE. De manera similar, “F” corresponde a Factor Controlable, “B” corresponde a BIM y “P” a PPM.

Tabla 7: Métricas de producción y factores controlables planteadas para el componente BIM

BIM		Objetivo	Métrica	Meta
Métricas de Producción	MB-1	Confiabilidad del modelo	(Cant. decisiones implementadas / Cant. decisiones tomadas) x 100	100%
	FB-1	Contar con un modelo confiable de las disciplinas para la detección de incompatibilidades.	(Planos modelados / Planos modelables) x 100	95%
Factores Controlables		Contar con un modelo gráfico confiable.	Nivel de desarrollo (LOD)	300

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Métricas de producción y factores controlables planteadas para el componente PPM

PPM		Objetivo	Métrica	Meta
Métricas de Producción	MP-1	Reducir el periodo de latencia.	Tiempo máximo de respuesta	< 5 días
	MP-2	Formalización de las decisiones tomadas en sesiones ICE.	(Cant. de respuestas de RFIs firmados / Cant. de decisiones tomadas) x 100	100%
	MP-3	Cumplimiento del plan programado semanal.	(Actividades cumplidas / Actividades programadas) x 100	>85%

(Continúa tabla en la siguiente página)

PPM		Objetivo	Métrica	Meta
<b>Factores Controlables</b>	FP-1	Mejorar la claridad de las consultas generadas.	(Cant. RFIs revisados previo a la emisión/ Cant. RFIs generados por modeladores) x 100	100%
	FP-2	Envío del listado de consultas a ser revisadas en la sesión de coordinación.	Cant. de listados emitidos / Cant. de sesiones ICE	100%
	FP-3	Envío de actas de sesión con las decisiones tomadas	(Cant. Actas emitidas / Cant. sesiones ICE) x 100	100%
	FP-4	Programación semanal de actividades	(Cant. de semanas programadas / Cant. de semanas) x 100	100%

*Fuente: Elaboración propia*

Es importante que al plantear las métricas y objetivos de los componentes VDC establezcamos objetivos medibles. Una buena práctica es establecer metas SMART. Los objetivos SMART<sup>23</sup> son específicos, medibles, alcanzables, relevantes y temporales y son metas concretas que permiten analizar el desempeño de nuestros esfuerzos.

Al superponer los objetivos del cliente y del proyecto, así como los componentes en el marco VDC, obtenemos el esquema mostrado en la siguiente figura:

---

<sup>23</sup> El concepto de objetivos SMART salió a la luz en un artículo publicado por George T. Doran en noviembre de 1981, en la revista Management Review. La palabra SMART es el acrónimo en inglés, de los adjetivos *Specific, Measurable, Achievable, Realistic* y *Time-bound*.

## Resumen de la implementación VDC

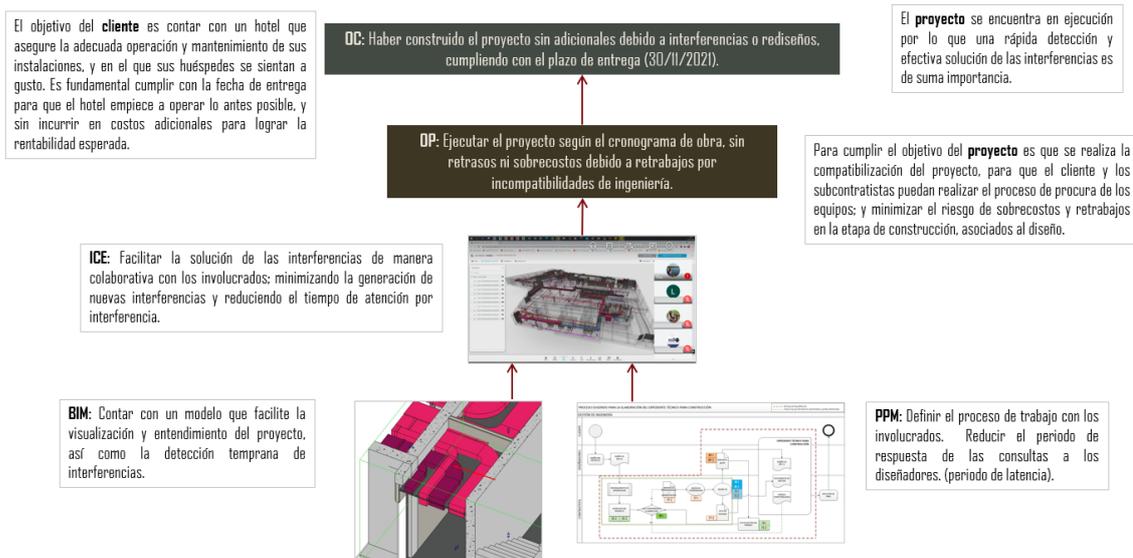


Figura N° 20: Resumen de la implementación VDC en el proyecto

Fuente: Elaboración propia.

Cabe precisar que el alcance contractual del contratista general es la detección y reporte de las incompatibilidades mas no abarca la solución de las incompatibilidades detectadas ya que dicha responsabilidad recae en los diseñadores del proyecto y la gerencia de proyectos del propietario. No obstante, el contratista general tiene la potestad de proponer alternativas de solución en los casos que le sea posible dada su experiencia técnica en proyectos similares. En caso el contratista general realice alguna propuesta, esta debe ser validada por la gerencia de proyectos del propietario y los diseñadores del proyecto para su implementación en el proyecto. Es importante recordar que el contratista general no es responsable de la calidad del diseño, la revisión o verificación del diseño, ni de la actualización de los planos del proyecto.

### Principales desafíos para alcanzar los objetivos:

Como se mencionó anteriormente, el proyecto se encontraba en ejecución por lo que la rápida detección y efectiva solución de las incompatibilidades era de suma importancia. Otro de los grandes desafíos es que, al iniciar la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento nos informaron que todas las comunicaciones entre el contratista general y los diseñadores debían canalizarse a través de la supervisión y el cliente, dificultando el proceso de solución de consultas planteado inicialmente.

Por otro lado, el cliente consideraba que el diseño del proyecto se encontraba completo, sin embargo, el diseño de interiorismo, el diseño acústico y los planos de detalles aún se encontraban en desarrollo, lo que generaba retrasos en la programación de las actividades, así como en las revisiones, consultas y compatibilización de dichos diseños.

Adicionalmente, la percepción errada de que el diseño estaba terminado generaba el rechazo a propuestas de cambio de posibles mejoras técnicas o de procesos constructivos y a la pérdida de oportunidad de mejorar la calidad del diseño y ejecución del proyecto.

### **3.4. Línea base para la implementación VDC**

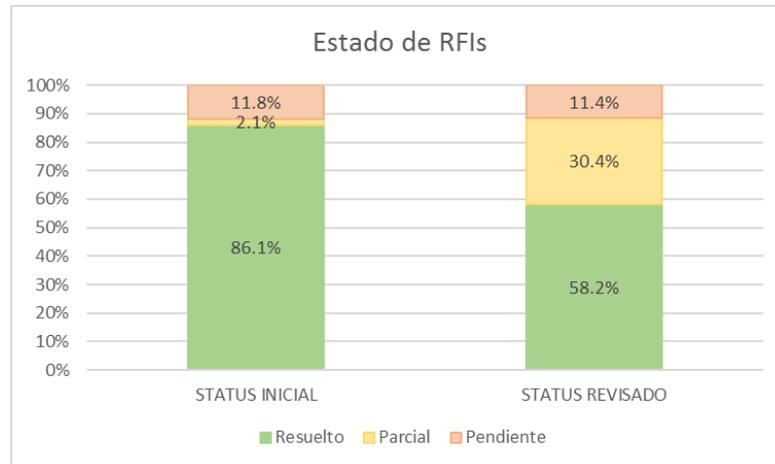
Mi ingreso al proyecto se dio a fines de junio del 2020 para realizar la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento de la segunda etapa de obra. Los primeros días los dediqué a revisar la información del proyecto, revisar el estado del modelo a la fecha y analizar el punto de partida para la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento aplicando la metodología VDC.

La implementación de la metodología VDC se dio a partir de julio del 2020, por lo que se contaba con cierta data histórica de los meses previos como, por ejemplo, el tiempo de respuesta de las solicitudes de información. Esta información nos sirvió de línea base para comparar los resultados de la gestión de proyectos tradicional orientada a los lineamientos del PMI y Lean, con la gestión de proyectos bajo la metodología VDC.

Una de las primeras observaciones cuando ingresé al proyecto es que el equipo contaba con un registro de las solicitudes de información emitidos pero el registro era llevado por la persona a cargo del Control Documentario, por lo que tenía un enfoque administrativo en el que las respuestas a los RFIs se consideraban como Respondido o Pendiente, sin embargo, en varias ocasiones la respuesta recibida no atendía la consulta técnica.

Otro punto importante es que se observó poca cantidad de RFIs relacionados a las instalaciones comparado con otros proyectos similares. Esto podría deberse a que la primera etapa de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento se centraba únicamente en las Estructuras del proyecto. Sin embargo, se pronosticaba que la cantidad de incompatibilidades de instalaciones sería mucho mayor a la detectada hasta ese momento por lo cual era importante contar con la participación de los subcontratistas a cargo de la ejecución de dichas partidas. Dado que la contratación de los subcontratistas

de las partidas administradas estaba a cargo del cliente, se le solicitó formalmente - al cliente y a la supervisión - que agilicen su contratación e ingreso al proyecto para que puedan participar del proceso de compatibilización.



*Gráfico N° 1: Estado de RFIs previo a la implementación VDC*

*Fuente: Elaboración propia*

A fines de junio, el proyecto tenía un registro de 668 RFIs emitidos, de los cuales el 86.1% figuraba como consultas respondidas. Sin embargo, al revisar a detalle cada una de las respuestas, se determinó que solo el 58.2% de los RFIs estaban resueltos técnicamente, como se muestra en el Gráfico N° 1.

Con la revisión detallada del estatus de los RFIs se determinó que en varios casos la supervisión no comprendía claramente la consulta por lo que la respuesta no resolvía completamente la consulta y en otros casos, el RFI quedaba sin responder. Producto de ello, es que se decide realizar una revisión más detallada de los RFIs generados antes de su emisión con miras a reducir el tiempo de respuesta y cierre del RFI (FP-1).

Dado que el adecuado registro y seguimiento de las solicitudes de información era vital para los objetivos planteados, analicé la información disponible de los RFIs emitidos para determinar qué tan efectivo era el proceso existente, en el que se envían los RFIs y se esperaba a que la supervisión o los diseñadores respondan para luego compararlo con los resultados que se obtengan de las sesiones ICE. En el Gráfico N° 2 se puede observar que la efectividad promedio del proceso existente era de 58%. Esto quiere decir que del total de consultas emitidas solo el 58% habían sido respondidos.

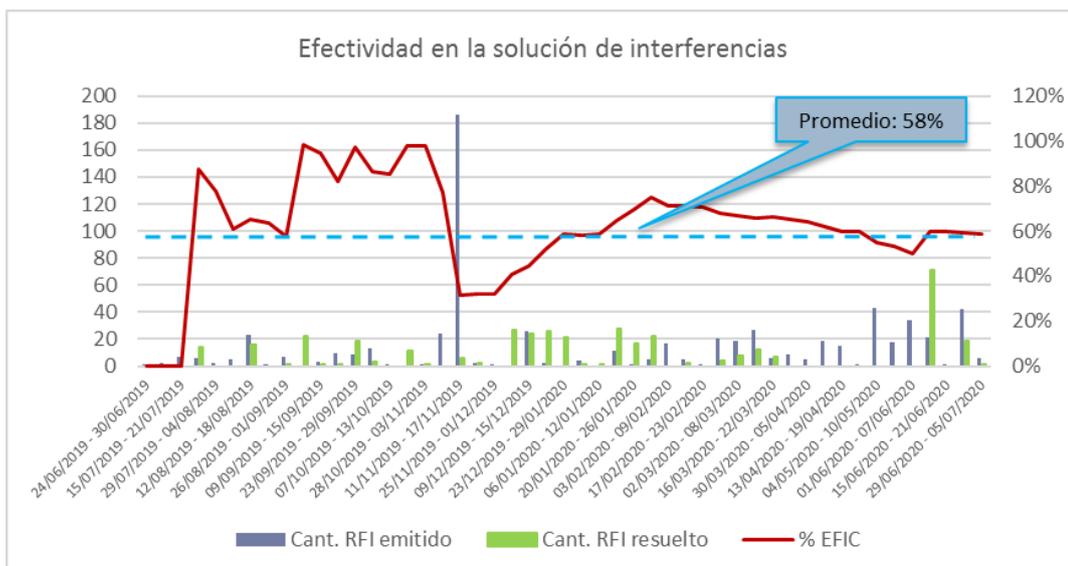


Gráfico N° 2: Efectividad en la solución de incompatibilidades previo a la implementación VDC

Fuente: Elaboración propia

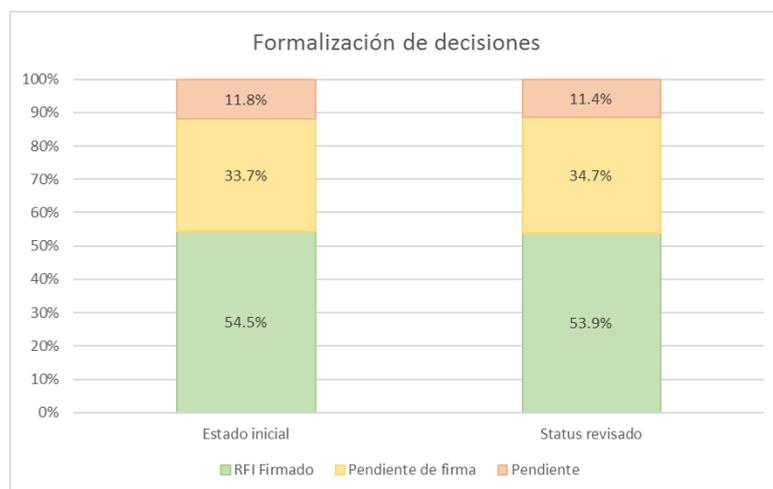
Adicionalmente, se analizó la información para determinar la cantidad promedio de RFIs que se generaban cada semana, que en teoría sería equivalente a la cantidad de RFIs que se revisaría en cada sesión ICE y se obtuvo un promedio de 15 RFIs nuevos por semana.



Gráfico N° 3: Cantidad de RFIs emitidos previo a la implementación VDC

Fuente: Elaboración propia.

Como se puede ver en el Gráfico N° 3, la cantidad de solicitudes de información emitidas en la segunda semana de noviembre del 2019 fue considerablemente mayor al promedio, esto se debería al plazo límite que contaba el contratista general para emitir solicitudes de información relacionadas al proyecto de estructuras, según el contrato de la primera etapa de la obra.



*Gráfico N° 4: Formalización de decisiones previo a la implementación VDC*

*Fuente: Elaboración propia*

Un punto importante para la gestión del contratista general es la formalización de las decisiones es decir la firma en las respuestas de los RFIs, la cual en el proceso existente era de 53.9% y la meta era 100%. Esto quiere decir que el 53.9% de los RFIs respondidos contaban con la firma del responsable a cargo de la respuesta.

Por otro lado, pude observar que no todos en el proyecto contaban con la misma información. El equipo de modeladores estaba trabajando con algunos planos que habían sido superados, por lo que contrasté los archivos vigentes de Oficina Técnica con el registro de planos y con los planos que tenían los modeladores. Esta revisión tomó varios días con varios involucrados y nos sirvió también para identificar diseños cuyos planos aún no habían sido entregados y alertar al propietario, como el caso del proyecto acústico. Se revisó la información modelada comparándola con el registro de planos actualizado para determinar la confiabilidad del modelo generado en función del diseño 2D disponible. Para ello se tomó como base, el listado de todos los documentos, planos y fichas técnicas modelables entregados al contratista general y excluyendo los planos no entregados como el caso del proyecto acústico. Con lo cual se pudo determinar que el

modelo 3D a fines de junio del 2020, tenía un 99.2% de planos modelados con un nivel de desarrollo mínimo de LOD 300, con ello se pudo determinar el nivel de confiabilidad del modelo, tanto de la información modelada como del nivel gráfico.

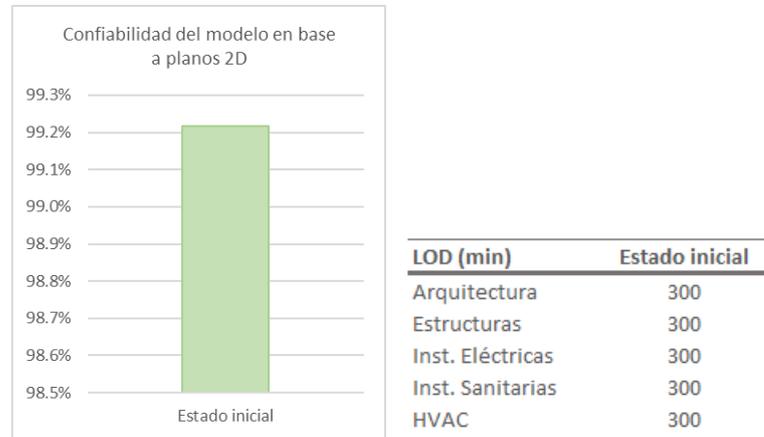


Gráfico N° 5: Confiabilidad del modelo previo a la implementación VDC

Fuente: Elaboración propia

En la quincena de marzo del 2020 se dio inicio al Estado de Emergencia Nacional por la coyuntura sanitaria, lo que generó la paralización de las obras de construcción, por esa razón, a finales de junio del 2020 se tenían solicitudes de información pendientes de respuesta con más de 100 días de latencia y un periodo máximo de 213 días.

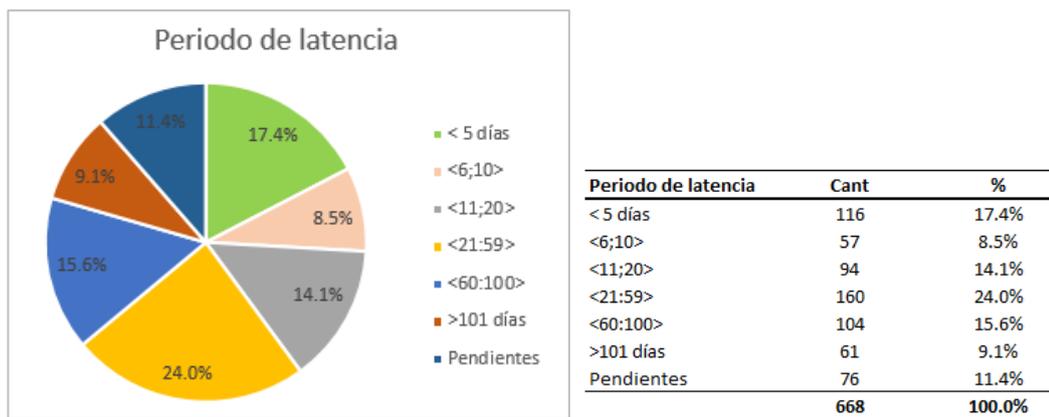
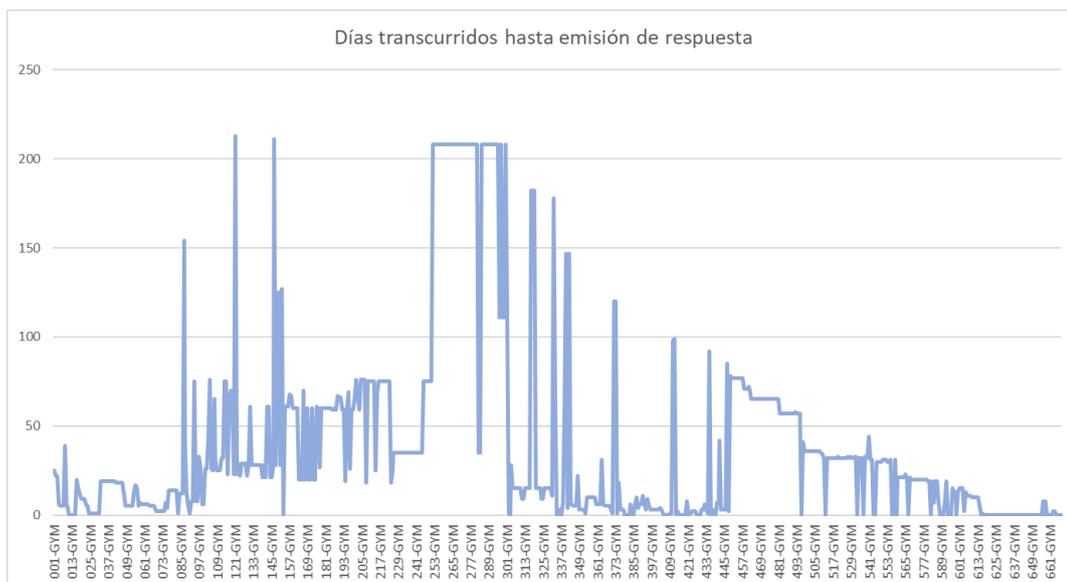


Gráfico N° 6: Periodo de latencia previo a la implementación VDC

Fuente: Elaboración propia



*Gráfico N° 7: Variabilidad en el tiempo de respuesta de RFIs*

*Fuente: Elaboración propia*

El periodo de latencia promedio de 45 días y la gran variabilidad en el tiempo de respuesta – con un tiempo máximo de 213 días - dificultaban el cierre de interferencias y consultas lo que, a su vez generaba una gran cantidad de trabajo en proceso. Adicionalmente, se observó que solo el 17.4% de RFIs fue respondido dentro del plazo meta de 5 días, por lo que el factor controlable (FP-2) planteado que consiste en el envío del listado de consultas previo a la sesión ICE, tenía como finalidad ayudar a los involucrados a entender y visualizar las incompatibilidades a revisar, para tratar de reducir el tiempo de respuesta y lograr la meta de 5 días.

Previo al inicio de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento, llevamos a cabo una reunión virtual con el equipo de modeladores para revisar el plan de trabajo propuesto para la actualización del modelo 3D. Es importante recordar que el plazo para la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento era de 45 días calendario, sin embargo, el plan de trabajo que la empresa DCM había propuesto consideraba a únicamente tres personas además del coordinador, por lo que parecían no haber cuantificado adecuadamente los recursos necesarios para el trabajo. En la reunión virtual con el equipo de modeladores se elaboró el esquema de trabajo (actividades, equipos, recursos necesarios) y se determinó que se requeriría de 8 personas en lugar de los 3 que habían propuesto inicialmente.

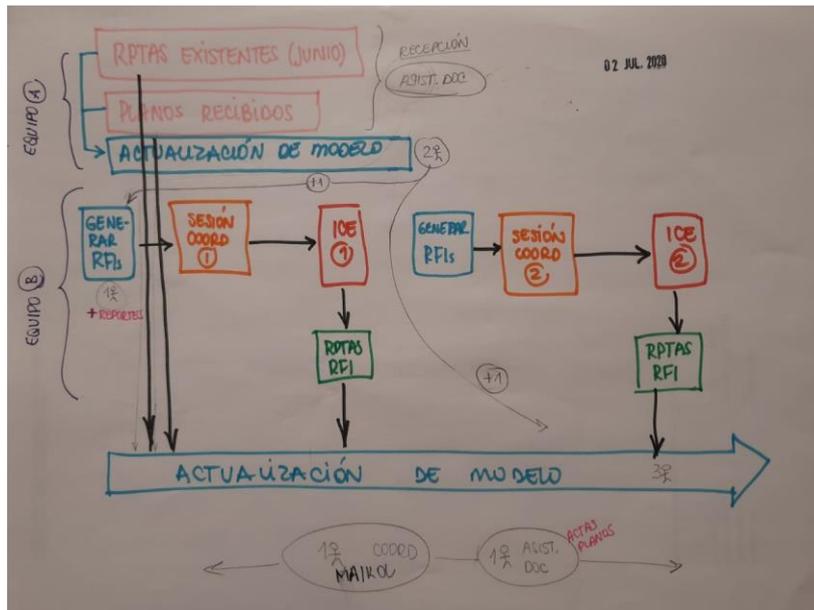


Figura N° 21: Esquema de plan de trabajo con modeladores

Fuente: Elaboración propia

El esquema fue modificándose con el equipo conforme progresaba la reunión y la Figura N° 21 muestra la versión final que fue validada por el equipo al término de la reunión y luego fue plasmada en un plan de trabajo detallado. Este subproceso de actualización del modelo forma parte del proceso macro de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento el cual se muestra en el Anexo 1 y la mayor cantidad de recursos necesaria fue coordinada posteriormente con la Oficina Técnica para la aprobación correspondiente.

Principales brechas entre el desempeño actual y el desempeño necesario para alcanzar los objetivos:

La ejecución del proyecto inició en julio del 2019 bajo un sistema de trabajo tradicional, en el que los involucrados no trabajaban de manera conjunta ni colaborativa sino de manera aislada, las consultas o RFIs eran respondidas de manera tardía, parcial o errada y las indefiniciones eran derivadas a los diseñadores, quienes tardaban semanas o incluso meses en responder y en la mayoría de los casos, generaban nuevas interferencias porque no eran compatibilizadas con las demás disciplinas.

La efectividad del proceso tradicional en la solución de consultas o RFIs era de 58% con un tiempo de latencia máximo de 213 días y la meta planteada para la efectividad de la

solución de las consultas en la implementación VDC era de 85%<sup>24</sup> y reducir el tiempo máximo de respuesta a 5 días, para que el cliente y los subcontratistas puedan realizar sus procesos de procura de materiales y equipos, minimizando el riesgo de sobrecostos asociados al diseño.

### 3.5. Relación entre los objetivos y componentes VDC

Como se explicó en el capítulo I, es importante mostrar con claridad la relación de la aplicación del VDC con los objetivos del cliente y del proyecto, para ello se desarrolló el siguiente esquema en donde se observa cómo se conectan los factores controlables, con las métricas de producción y estas a su vez, con los objetivos del proyecto y del cliente.

#### Relación entre los objetivos del cliente, del proyecto y las métricas

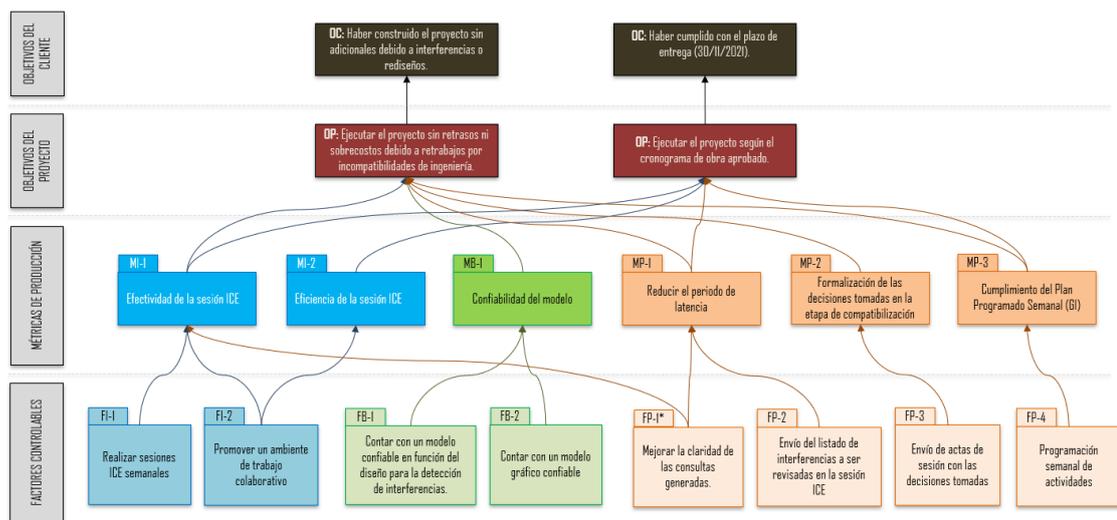


Figura N° 22: Relación entre los objetivos del cliente, del proyecto y las métricas iniciales.

Fuente: Elaboración propia

#### Conexión principal e integración entre los elementos VDC

Es importante establecer la relación entre los componentes y así asegurar que todos los esfuerzos estén direccionados al mismo objetivo. Por ejemplo, las sesiones ICE permiten

<sup>24</sup> Meta modificada como se detalla en el punto 6.1 sobre la métrica de producción MP-1.

canalizar los esfuerzos de BIM y PPM para que el equipo logre alcanzar los objetivos del proyecto y del cliente.

En cuanto a la relación entre ICE y BIM, asegurándonos que la plataforma de acceso al modelo sea fácil y amigable para los usuarios, aumentamos la probabilidad de que los involucrados hagan mayor uso del modelo, se involucren en las sesiones ICE y promovemos el trabajo en equipo para resolver las incompatibilidades de manera colaborativa.

En la relación entre ICE y PPM se tuvo que modificar el plan de trabajo original que consideraba la participación de los diseñadores, la cual era fundamental para el proceso de solución de incompatibilidades, por lo que se planteó incorporar a los subcontratistas en reemplazo de los diseñadores ya que contribuirían con el aporte técnico y constructivo a las propuestas de solución, y porque de acuerdo a las condiciones de sus contratos, los subcontratistas tenían la responsabilidad de resolver las interferencias detectadas.

### **3.6. Preparación previa**

Como se indicó en el capítulo II, el propietario estaba a cargo de la contratación directa de varias partidas, incluyendo a los subcontratistas que estarían a cargo de las instalaciones eléctricas, instalaciones sanitarias, instalaciones mecánicas, entre otros. Esto implicaba la interacción de varios participantes con intereses propios y alcances contractuales que podían diferir entre un subcontratista y otro, o con las responsabilidades del contratista general.

Teniendo en cuenta que la información es un punto importante en la gestión de los proyectos y que el acceso al modelo 3D era vital para la estrategia planteada, se coordinó con la empresa a cargo del modelado, el uso de una plataforma de acceso para la visualización del modelo en el que los modeladores actualizaban periódicamente los archivos del modelo, y en el que los subcontratistas y equipo de campo podían descargar los archivos para visualizar los diferentes niveles del modelo conforme eran actualizados.

Era sumamente importante que todos los involucrados puedan visualizar el modelo y acceder a él fuera de las sesiones ICE por lo que la selección de la plataforma era fundamental para nosotros y así aumentar la probabilidad de que usen el modelo, se involucren en las sesiones y poder resolver rápidamente las incompatibilidades. Más aún, realizamos reuniones de prueba para asegurarnos que la plataforma seleccionada sería la

más adecuada, revisar cuál sería la dinámica que seguiríamos en cada sesión, el registro de las decisiones, entre otros. Una vez definidos esos detalles, organizamos una capacitación virtual para todo el equipo de campo y los subcontratistas, en las que se les explicó cómo descargar programas gratuitos como el Navisworks y el Design Review, así como en el uso básico de los programas y la plataforma de acceso, y para aquellos subcontratistas que ingresaron en fechas posteriores a la capacitación se les brindó acceso al video grabado.

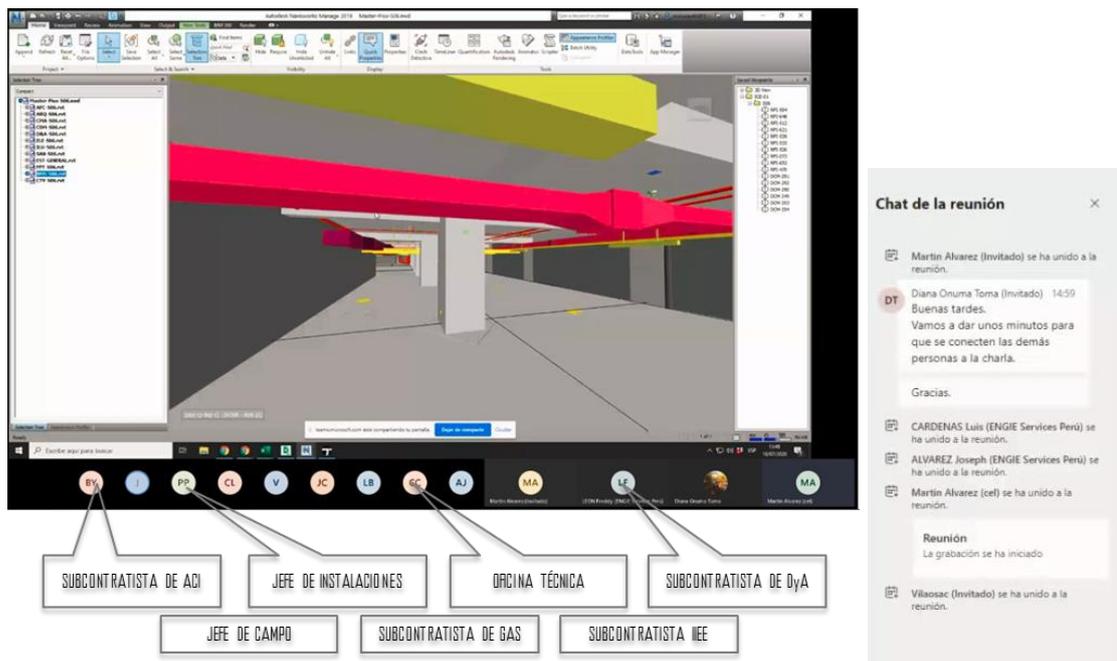


Figura N° 23: Capacitación virtual a los subcontratistas en el uso del software Navisworks.

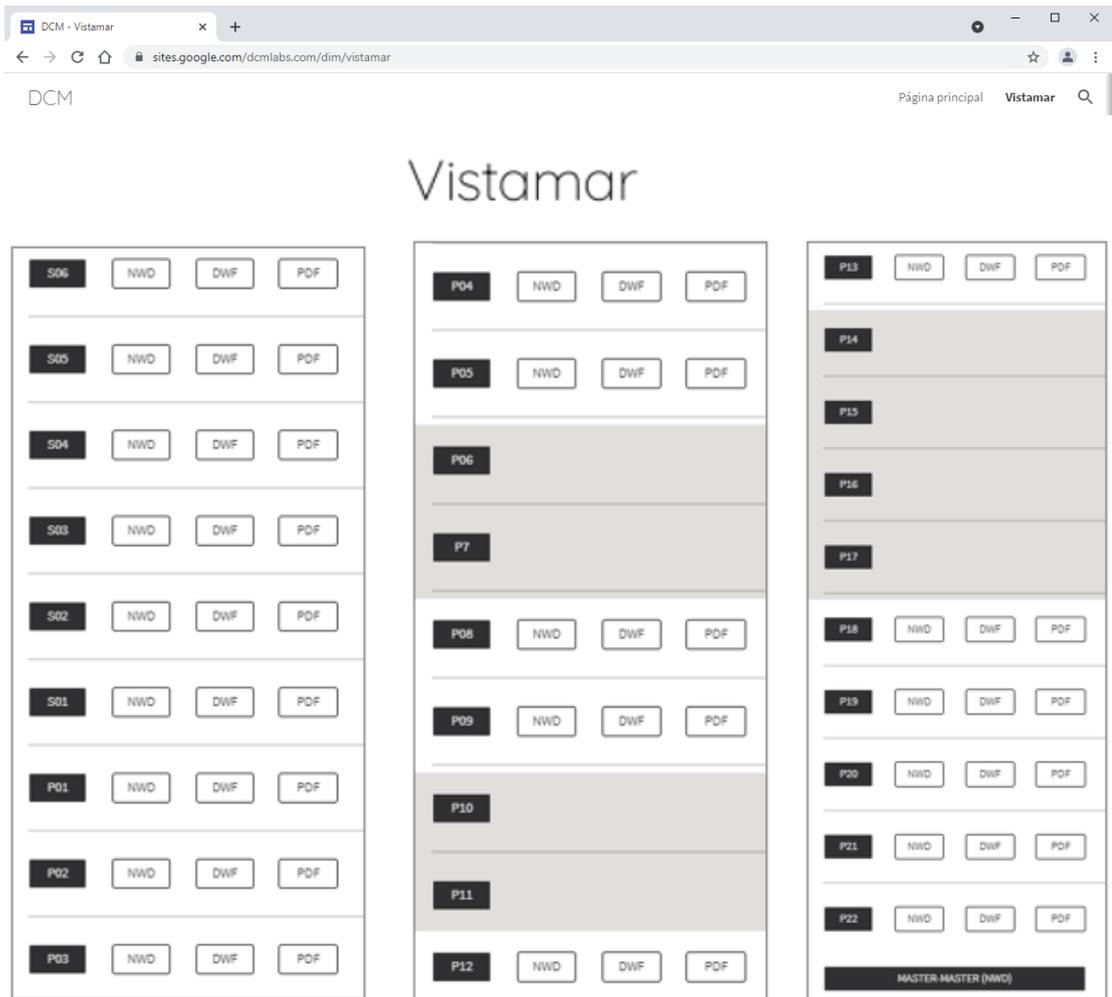


Figura N° 24: Plataforma de descarga de modelos.

## **CAPÍTULO IV: DESARROLLO DE LA GESTIÓN DEL PROYECTO Y METODOLOGÍA VDC**

En este capítulo resumiremos los cambios que se produjeron a lo largo de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento y como estos cambios afectaron a la implementación de la metodología VDC en el proyecto, así como las modificaciones y adecuaciones que se realizaron para sacar adelante la implementación.

Para efectos del presente informe técnico, es importante aclarar que la implementación de la metodología VDC, las métricas y resultados obtenidos se circunscriben al periodo comprendido desde mi ingreso al proyecto a fines de junio del 2020 hasta diciembre del 2020.

### Modificación del plan de trabajo inicial:

Como indiqué en el capítulo II, el plazo inicial para la Compatibilización Gráfica y Modelamiento del proyecto era de 45 días calendario sin embargo, mucha de la información del proyecto aún se encontraba en desarrollo por lo que la Gerencia de Operaciones de GyM S.A. decidió continuar con la compatibilización del modelo después de los 45 días con la finalidad de servir de apoyo al área de Producción debido a que la obra se encontraba en ejecución y el equipo de campo requería la solución a las incompatibilidades y consultas.

Dado que el contratista general no tenía comunicación directa con los diseñadores, quienes tampoco participaban en las sesiones ICE sino que toda comunicación con los ellos debía ser canalizada a través de la supervisión, hubo que modificar el plan de trabajo planteado en la etapa del concurso en el que se consideraba la participación de los diseñadores en las sesiones ICE para resolver las incompatibilidades detectadas. Esto afectaba la meta planteada para la métrica de producción asociada a la efectividad de las sesiones ICE como se explica en el punto 6.1.

Lamentablemente, la ausencia de los diseñadores en las sesiones ICE era un tema no negociable y partiendo de la premisa de que su participación era necesaria porque aportarían el conocimiento técnico y experiencia para resolver consultas e incompatibilidades en el proyecto, propusimos como alternativa el convocar a los subcontratistas de las instalaciones en reemplazo de los diseñadores para resolver las incompatibilidades y colisiones del proyecto, las cuales serían enviadas a la supervisión

para su validación y posterior cierre del RFI. En ese sentido, llevamos a cabo las sesiones ICE con la participación de la supervisión, el cliente y los jefes de frente de GyM S.A y de los subcontratistas para desarrollar propuestas con el sustento técnico, operativo y de instalación. Estas reuniones eran de gran ayuda no solo para proponer soluciones sino también para verificar la calidad del modelo ya que los planos de diseño no suelen incluir toda la información de instalación a ser realizada por los subcontratistas. También nos sirvió para verificar con los subcontratistas si contaban con el espacio suficiente para la manipulación en el montaje de sus instalaciones.

Otro cambio importante en el plan de trabajo se debió a la coyuntura sanitaria a nivel mundial y fue la restricción física que se generó por el distanciamiento social y el aforo máximo permitido en las salas de reuniones con lo cual, las sesiones ICE no podrían realizarse en un *Big Room*<sup>25</sup>, sino que se realizaron sesiones ICE virtuales.

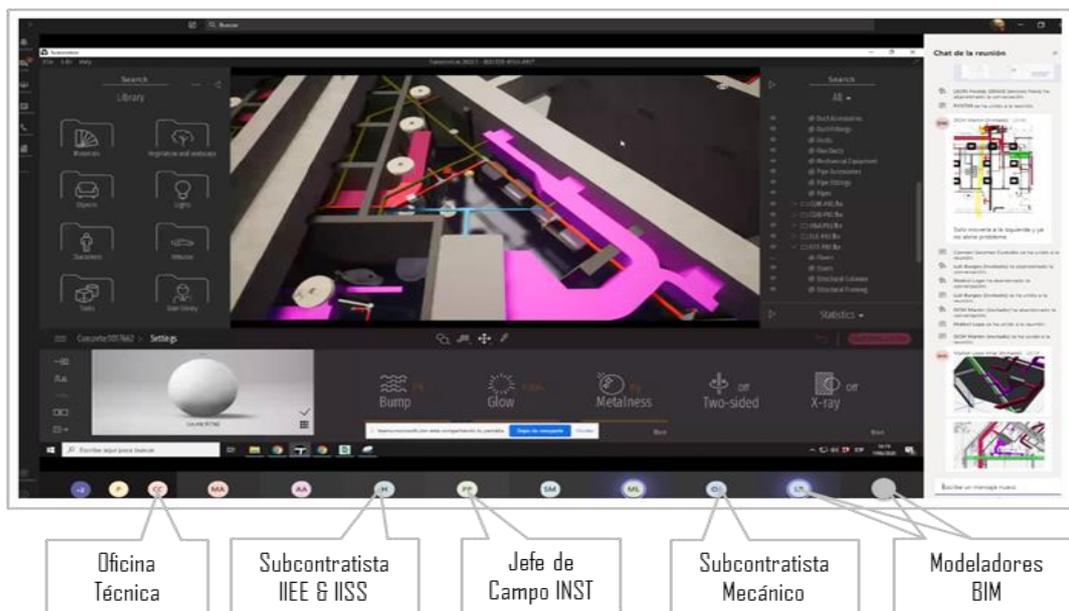


Figura N° 25: Sesión ICE virtual con subcontratistas haciendo uso del software Twinmotion.

<sup>25</sup> El *Big Room* es un espacio de ubicación conjunta que reúne físicamente a los diseñadores, constructores y, a menudo, a los instaladores para trabajar de forma conjunta.

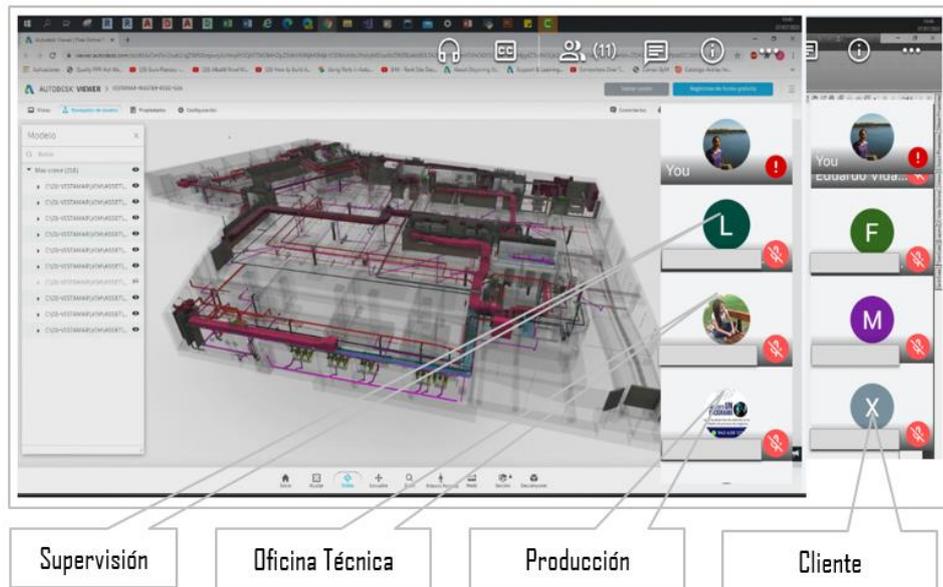


Figura N° 26: Sesión ICE virtual con cliente y supervisión haciendo uso del Autodesk Viewer.

Actualización constante del log de planos y del log de RFIs:

Una vez realizada la revisión de ambos registros era importante mantenerlos actualizados a lo largo del proyecto para llevar un adecuado monitoreo de la información, más aún al notar la cantidad de solicitudes de información nuevas que se emitían mensualmente.

En la Tabla 9 se muestra el registro de las solicitudes de información emitidas durante el periodo de implementación, en donde se puede observar el aumento mensual en la cantidad de RFIs, teniendo un pico de emisión de consultas de 328 en el tercer mes.

Tabla 9: Registro mensual de RFIs emitidos

ESTADO	BASE	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
Resuelto	415	553	645	701	829	876	925
Parcial	93	71	72	83	105	104	126
Respuesta en revisión	98	69	123	412	391	446	443
Pendiente	108	125	215	187	203	264	265
Anulado	-	-	-	-	-	5	8
<b>TOTAL</b>	<b>714</b>	<b>818</b>	<b>1055</b>	<b>1383</b>	<b>1528</b>	<b>1695</b>	<b>1767</b>
Incremento		104	237	328	145	167	72
Promedio							175

Fuente: Elaboración propia

El seguimiento y actualización del log de RFIs consiste en llevar el registro de los RFIs nuevos emitidos, de las respuestas recibidas y de registrar el estado del RFI en función de la respuesta recibida, las cuales son:

- Estado Resuelto, cuando la respuesta recibida soluciona la consulta presentada en el RFI.
- Estado Parcial, cuando la respuesta recibida soluciona parcialmente la consulta presentada.
- Estado Pendiente, cuando aún no se cuenta con una respuesta al RFI.
- Estado Anulado. Algunos RFIs se anularon debido a duplicidad de la consulta con otro RFI.
- Estado Respuesta en revisión, es el estado inmediato cuando un RFI es respondido mientras se evalúa si la respuesta resuelve la consulta presentada.

Es así como, con la finalidad de contar con un registro actualizado, se realizó el seguimiento a las respuestas de los RFIs con los usuarios que generaron las consultas y confirmar con ellos, el cierre respectivo o en su defecto informar a la supervisión que la respuesta contaba con observaciones y por lo tanto su estado era parcial. Consideramos importante que sea el usuario que generó la consulta quien confirme el cierre del RFI, por lo que realizamos la verificación de los RFIs no solo de GyM S.A. sino también de los RFIs generados por los subcontratistas. Esta tarea de verificación, sencilla como concepto, tiene como efecto secundario aumentar la comunicación con los subcontratistas, abrir la discusión de algunos RFIs y fomentar su involucramiento en la revisión de la información de todo el proyecto y no solo de su disciplina.

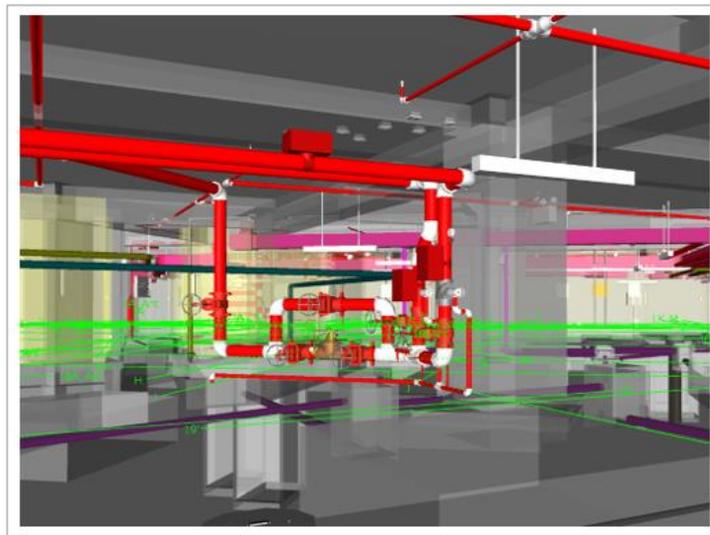
#### Actualización del modelo (BIM):

En algunos casos la respuesta de los RFIs viene acompañada de un plano modificado y en esos casos es necesario actualizar el modelo para verificar si se generan nuevas incompatibilidades para reportarlas, de ser el caso. La actualización del modelo se realiza por niveles según el avance de la obra al momento de la actualización, por ejemplo, durante la construcción de la estructura de los niveles 1 y 2, se daba prioridad a la actualización del modelo de los niveles 1 al 3 con la finalidad de detectar cualquier incompatibilidad que pudiese afectar a los trabajos programados para los siguientes días.

Al respecto, el registro actualizado de los RFIs servía para realizar el seguimiento a los RFIs asociados a los niveles próximos a ejecutar, ya que la respuesta tardía generaba desorden en el proceso de actualización del modelo que se realizaba por niveles según el procedimiento constructivo, es decir desde los niveles inferiores a los superiores, así como para la identificación de posibles retrabajos por respuestas a consultas en niveles ya ejecutados.



*Figura N° 27: Imagen del modelo (arquitectura) utilizando el software Navisworks.*



*Figura N° 28: Imagen del modelo (instalaciones) utilizando el software Navisworks.*

Como se puede apreciar en la Tabla 9 y en el Gráfico N° 8, la cantidad de consultas generadas mensualmente era de 175 RFIs en promedio y, si bien la velocidad de cierre de

RFIs no era la misma que la de emisión, la actualización del modelo era vital para contar con una representación visual de los cambios en el proyecto.

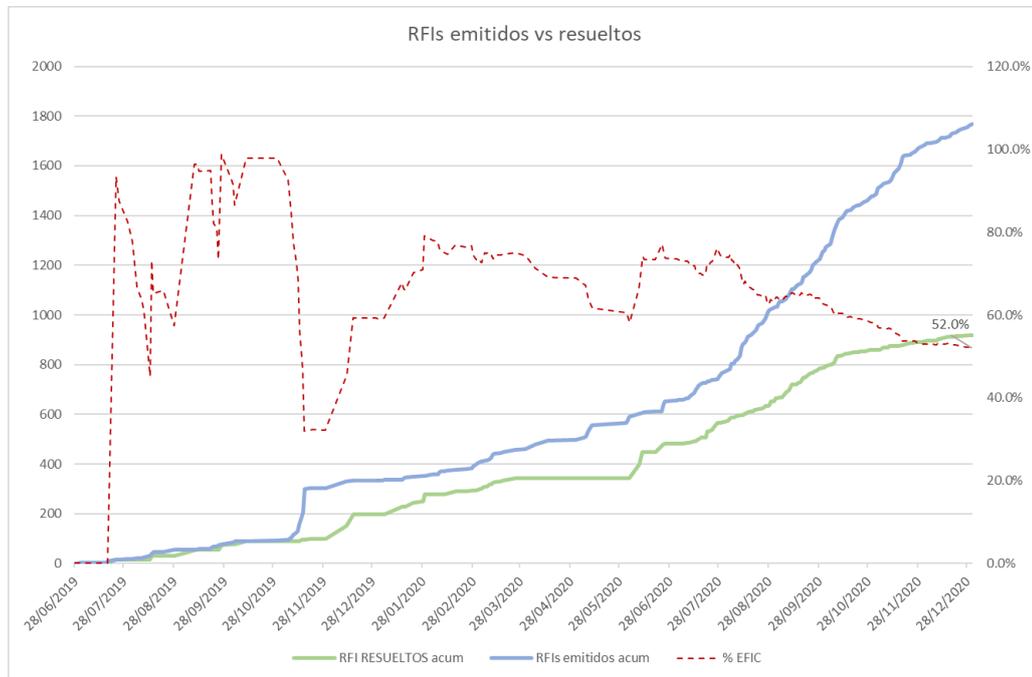


Gráfico N° 8: RFIs emitidos vs resueltos

Fuente: Elaboración propia

En ese sentido, el modelo se había convertido en una herramienta de apoyo para el equipo de producción ya que muchos de los planos recibidos no han sido compatibilizados, generando confusión en campo quienes debían revisar los planos y los cerca de 1,800 RFIs para poder ejecutar la obra.

#### Equipo de modeladores:

Como indiqué en el punto 2.1, GyM S.A. realizó la subcontratación de una empresa especializada en el modelamiento 3D para llevar a cabo el modelado de las instalaciones y arquitectura del proyecto sobre el modelo de estructuras que fue desarrollado en la primera etapa de la obra. Para ello, la empresa DCM contaba con un equipo de trabajo compuesto por 8 modeladores y un coordinador, además del jefe de proyecto de DCM.

Teniendo en cuenta que el diseño de algunas disciplinas aún se encontraba en desarrollo y que, al mismo tiempo recibíamos respuestas a las solicitudes de información en los que modificaban el proyecto como producto de las soluciones a las incompatibilidades y consultas reportadas y a cambios realizados por parte del propietario, el trabajo de los modeladores fue subdividido en dos equipos. El equipo A estaba a cargo de modelar el proyecto según los planos nuevos de las diferentes disciplinas, mientras que el equipo B se encargaría de actualizar el modelo de acuerdo con las respuestas a los RFIs.

Como mencionamos anteriormente, el plazo inicial para llevar a cabo la Compatibilización Gráfica y Modelamiento del proyecto era de 45 días calendario y que, debido a que el propietario aún se encontraba desarrollando el proyecto, la gerencia de operaciones de GyM S.A. recomendó al cliente que ampliaran el alcance de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento como un acompañamiento durante la etapa de construcción, pero fue rechazado. No obstante, la Gerencia de Proyectos de GyM SA decidió continuar con el servicio exento de un cobro adicional para apoyar al equipo de Producción ya que la falta de planos actualizados y compatibilizados dificulta la ejecución de las actividades en campo, y bajo la premisa de que el cliente había asegurado que el diseño sería terminado en las siguientes semanas, sin embargo, el plazo continuó extendiéndose y el diseño seguía inconcluso.

Al ver que los diseños de algunas disciplinas del proyecto no eran entregados y al ser un trabajo que no sería reconocido por el propietario como un servicio adicional, la gerencia de operaciones tomó la decisión de reducir el equipo de modeladores, eliminando al Equipo B, con la posibilidad de reincorporarlos una vez que nos entregasen los planos pendientes. La reducción del equipo se hizo efectiva el 16 de setiembre del 2020. Esto significó un cambio interno importante en la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento no solo por la reducción del equipo sino porque el objetivo del uso del modelo también había cambiado, para atender las consultas que pudiesen surgir por parte del equipo de Producción y Oficina Técnica, por lo que desarrollamos un plan de trabajo para el Equipo A para minimizar el impacto de la reducción de equipo y ampliación de funciones.

Paradójicamente, en el mes de octubre el equipo de Oficina Técnica de GyM S.A. requería hacer la entrega formal del modelo 3D con la información recibida hasta el 05 de octubre, para lo cual fue necesario reactivar al equipo B para realizar la actualización del modelo

con los planos y respuestas de RFIs recibidas hasta la fecha de corte establecida, teniendo 8 días como plazo de entrega del modelo, es decir el 15 de octubre.

En líneas generales, la actualización del modelo es una tarea que se vio afectada ante la reducción del equipo desde el 16 de setiembre del 2020, sumado a la cantidad de respuestas de RFIs y planos modificados, lo que afectó el porcentaje de cumplimiento de ese objetivo como se verá más adelante en las métricas de producción BIM. La reactivación del equipo B en octubre del 2020 sirvió no solo para cumplir con la entrega formal del modelo 3D sino también para nivelar la carga de trabajo de todos los modeladores con miras a que la información exportada del modelo y que era proporcionada al equipo de producción, sea la adecuada.

El equipo B que fue activado el 08 de octubre y estaba compuesto por 4 modeladores de la etapa anterior dado su conocimiento del proyecto, quienes tenían 8 días calendario para actualizar el modelo con los planos y respuestas recibidas hasta el 06 de octubre. Dada la gran cantidad de información y teniendo en cuenta que en campo habían iniciado los trabajos en algunos niveles típicos, el equipo A apoyaría al equipo B en la actualización del modelo para la entrega.

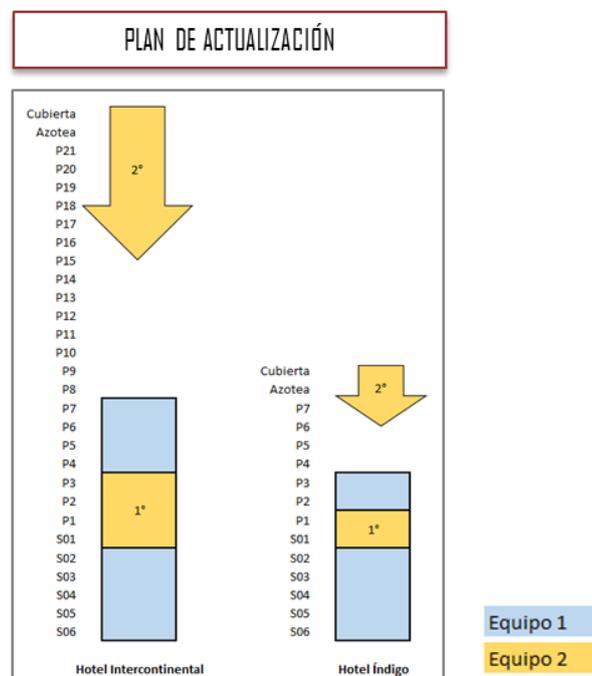


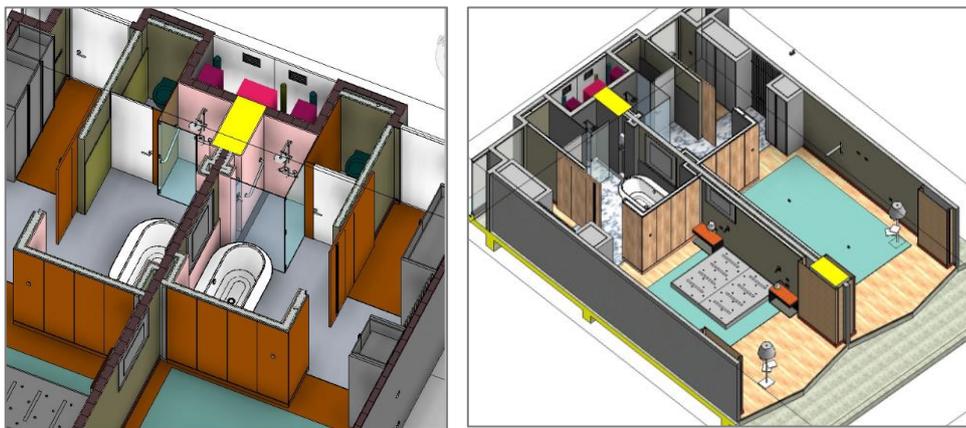
Figura N° 29: Plan de actualización del modelo

Fuente: Elaboración propia

### Modelo de habitaciones típicas con mayor detalle

El nivel de desarrollo general del modelo nos servía para la visualización y detección de incompatibilidades en el proyecto, sin embargo, el mayor valor en los proyectos hoteleros se encuentra en las áreas públicas y habitaciones, por lo que se hizo evidente que se requería mayor detalle y nivel de desarrollo del modelo en esas zonas.

Dado que el avance de la construcción de los hoteles estaba llegando a los niveles de habitaciones que eran mayormente niveles típicos, se decidió activar por una semana a un tercer equipo (equipo C) para que realice el modelado del diseño de interiorismo de dos habitaciones típicas: una habitación King y una habitación Queen del hotel Intercontinental. En ese momento solo se contaba con información de las habitaciones típicas del hotel Intercontinental mas no del hotel Índigo, razón por la cual se decidió modelar solo esas dos habitaciones. El modelo con mayor nivel de detalle serviría no solo para detectar las incompatibilidades de mayor nivel de detalle, sino que ayudaría a la definición de los detalles de acabados pendientes, y para ello, se programaron reuniones con la Jefa de Acabados de GyM S.A. a cargo de los acabados de los dos hoteles para que se involucre en el proceso.



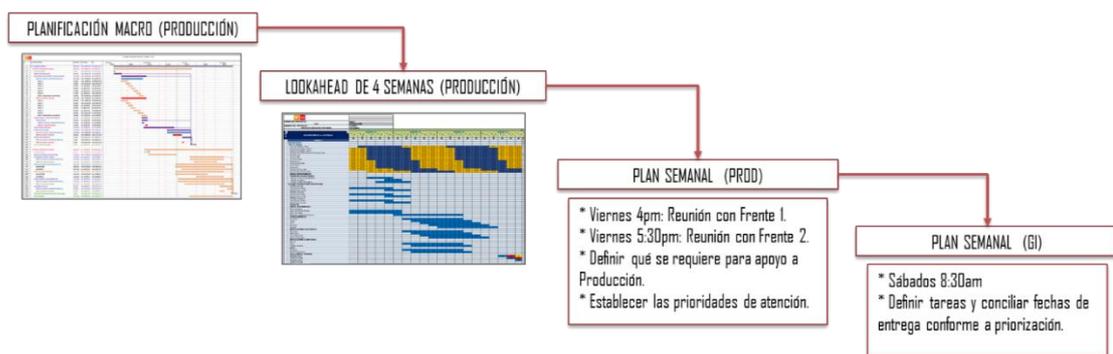
*Figura N° 30: Modelo de habitaciones típicas utilizando el software Revit.*

### PPM:

En la primera etapa de la obra, el equipo de modeladores debía modelar el proyecto de estructuras y reportar las incompatibilidades detectadas, por lo que no era necesario establecer un plan de tareas diarias con mayor detalle. En la segunda etapa de la obra, además de modelar el proyecto de arquitectura e instalaciones, el equipo debía actualizar el modelo con las respuestas de los RFIs y planos modificados, además de llevar a cabo

las sesiones ICE y dar apoyo al área de Producción, todo ello sumado a la reducción del equipo en setiembre del 2020 en casi 50%, por lo que fue necesario modificar el proceso y organización del trabajo. Para ello se analizó el plan de trabajo vigente hasta ese momento y la cantidad de información pendiente de procesar o en proceso (inventario) ya que, en ocasiones no se estaba cumpliendo con la entrega de la información requerida por el equipo de producción, y se estableció un nuevo plan de trabajo tomando como base el lookahead de 4 semanas, para ver el horizonte próximo de trabajo.

Con el lookahead, se revisaba con el equipo de producción de cada frente, el plan de trabajo semanal para priorizar las tareas de la siguiente semana. De esta manera, logramos reducir las actividades o trabajos en proceso para entregar aquello que el equipo de campo requería en la siguiente semana, llevamos un registro de tareas, un plan semanal y realizamos el seguimiento para el cumplimiento de las tareas y con el resultado de este control obtuvimos un PPC<sup>26</sup> de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento.



*Figura N° 31: Esquema de planificación de tareas*

*Fuente: Elaboración propia*

<sup>26</sup> PPC: Porcentaje de Plan Cumplido.

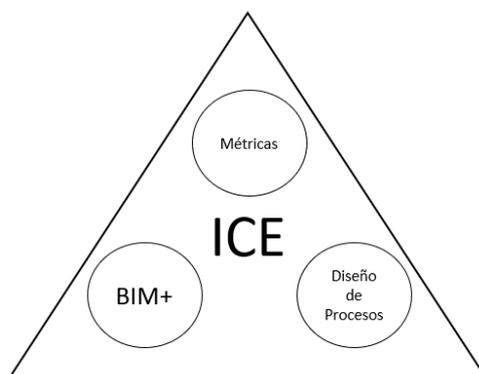
## CAPÍTULO V: FACTORES CONTROLABLES

Como explicamos en el capítulo I, los factores controlables son aquellas acciones que el equipo de proyecto decide hacer con miras a que el proyecto sea exitoso y son decisiones que cuestan dinero, demandan recursos, esfuerzo y tiempo.

Para el proyecto se plantearon los factores controlables mostrados en la Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 8 en el capítulo III, los cuales detallo a continuación:

### 5.1. FI-1: Realizar sesiones ICE semanales

Teniendo en cuenta que se trata de un proyecto con varios frentes de trabajo desarrollándose en paralelo (Torre Intercontinental, Torre Índigo, sótanos e instalaciones), para este factor controlable se planteó como meta la realización de al menos una sesión ICE a la semana, con la finalidad de que en dicha sesión se resolvieran las incompatibilidades más complejas que requiriesen la intervención de varios participantes y que pudiesen afectar los trabajos programados para las próximas semanas.



*Figura N° 32: Integrated Concurrent Engineering*

*Fuente: Extracto tomado de "Introducción a VDC"<sup>27</sup>*

Es importante diferenciar una sesión ICE de una reunión convencional. No todas las reuniones que se realicen en el proyecto son o deben ser sesiones ICE. Una sesión ICE es un evento de integración, es programado y consta de 3 elementos: métricas de

---

<sup>27</sup> Imagen tomada y traducida del libro "Integrating Project Delivery" de Martin Fischer, Howard Ashcraft, Dean Reed y Atul Khanzode.

rendimiento, simulación BIM y el diseño de los procesos, como se muestra en la Figura N° 32.

Como explicamos anteriormente, el plan de trabajo modificado incluía la participación de los subcontratistas en reemplazo de los diseñadores y debido a ese cambio, planteamos que la mayoría de las sesiones ICE se dividieran en dos grupos: en las sesiones con la supervisión se revisarían las consultas de la disciplina de Estructuras y Arquitectura, y las sesiones con los subcontratistas y equipo de campo para revisar las incompatibilidades de las diferentes instalaciones.

Si bien estaba claro que la solución no era responsabilidad de GyM S.A. organizamos las sesiones para resolver las incompatibilidades más críticas que requería el equipo de campo. Adicionalmente, en las sesiones se explicaba con mayor detalle a la supervisión, aquellas consultas que eran muy complejas y así, ellos puedan retransmitirlas a los diseñadores.

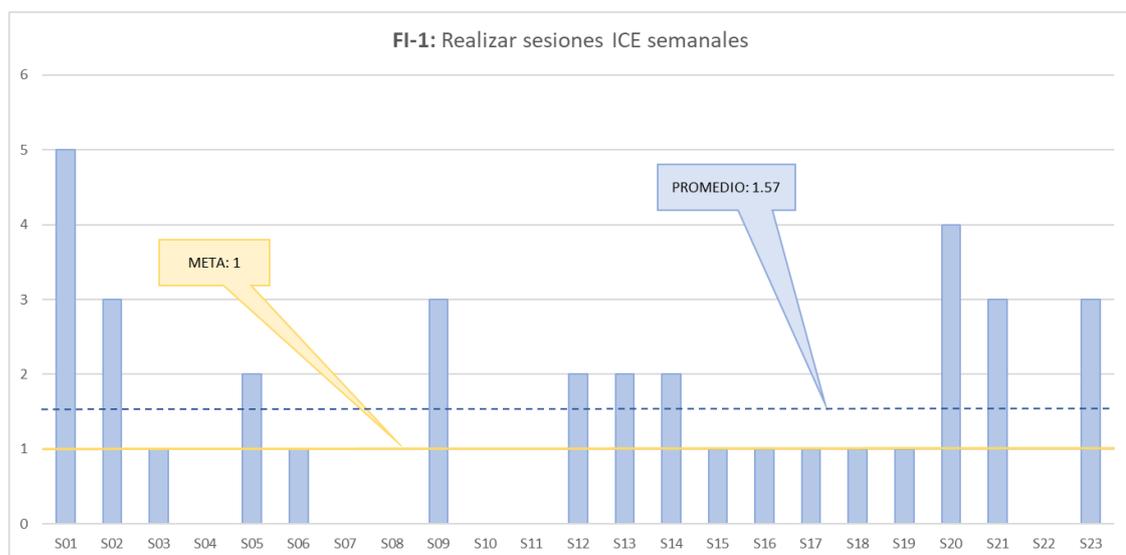


Gráfico N° 9: FI-1 Realizar sesiones ICE semanales

Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Cantidad de sesiones ICE por semana

	META	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21	S22	S23
FI-1	1	5	3	1	0	2	1	0	0	3	0	0	2	2	2	1	1	1	1	1	4	3	0	3

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el Gráfico N° 9 y la Tabla 10, la frecuencia de las sesiones semanales no ha sido constante y esto se debe a que algunas de las sesiones fueron reprogramadas a solicitud de la supervisión, llegando a reprogramar una de ellas hasta 3 veces. A pesar de ello, en promedio se realizaron 1.57 sesiones ICE a la semana.

Para lograr la meta y llevar a cabo al menos una sesión ICE a la semana, se decidió enviar un recordatorio semanal con el listado de los RFIs pendientes de respuesta haciendo énfasis en los RFIs críticos de acuerdo con el tren de producción. De esta manera buscábamos que la supervisión responda los RFIs pendientes y que contribuya a la realización de las sesiones para atender aquellas consultas que, por su complejidad, requerían la intervención conjunta y uso del modelo.

Solicitud de respuestas a RFIs críticos

Para [Redacted]

CC [Redacted]

Estimados,

Se insiste con la petición de la solución de los RFIs críticos solicitados, favor de dar resolución de ellos con prioridad piso 1, piso 4 al 20 y SI-1105 a solicitud de AyA. Tener en cuenta que en el frente 2 estamos en ejecución del piso 1 y en frente 1 estamos en ejecución del piso 5.

Se añade RFIs críticos 1203 Rev1, 1069rev2, 1235, 1239, 1240, 1241, 1242, 1252, 1255 y 1256.

RFI CRITICOS:

RFI	ESPECIALIDADES	PISO
1105	IISS	SOTANO 1
1083	INSTALACIONES Y ARQUITECTURA ( Aún está pendiente)	PISO 4 AL 20
1092	IIEE/IISS/ARQUITECTURA	PISO 1
1076	ARQUITECTURA , PAISAJISMO Y ESTRUCTURAS	PISO 1
1103	IISS	PISO 1
1104	ARQUITECTURA	PISO 4
1154	IISS	PISO 2
1118	HVAC, ARQUITECTURA	PISO 3
1083	ESTRUCTURAS	PISO 4 AL 20
1147	ESTRUCTURA	PISO 1
1163	ESTRUCTURA	PISO 1
1201	ESTRUCTURA	PISO 1
1205	ESTRUCTURA	PISO 1
1207	ARQUITECTURA	TORRE
1225	ESTRUCTURA	PISO 1

Figura N° 33: Extracto de correo electrónico recordatorio de RFIs críticos

Los resultados acumulados obtenidos mes a mes han sido mayores a la meta establecida de realizar una sesión semanal, obteniendo un resultado acumulado al término del sexto mes de 1.57 reuniones a la semana.

*Tabla 11: Promedio acumulado de sesiones mensuales*

<b>BASE</b>	<b>MES 01</b>	<b>MES 02</b>	<b>MES 03</b>	<b>MES 04</b>	<b>MES 05</b>	<b>MES 06</b>
0.00	3.00	1.71	1.42	1.41	1.50	1.57

*Fuente: Elaboración propia*

## **5.2. FI-2: Promover un ambiente de trabajo colaborativo**

Con la finalidad de optimizar el tiempo de los participantes en las sesiones ICE llevamos a cabo sesiones agrupando las incompatibilidades según la disciplina y según los participantes en las sesiones:

- Estructuras y Arquitectura
- Instalaciones

La segregación se planteó debido a que las incompatibilidades de estructuras requerían ser atendidas de manera urgente porque la ejecución del casco se encontraba en proceso y las consultas de arquitectura eran definidas por la Gerencia de Proyectos del propietario. Antes de cada sesión ICE se enviaba la agenda con las consultas programadas para esa sesión, con la finalidad de que los asistentes puedan revisar las consultas y analizar alternativas de solución.

Durante las primeras semanas de la implementación, realizamos la capacitación virtual en el uso de los programas para visualización del modelo y el seguimiento a las consultas que se generaban. Considero que ello motivó a los subcontratistas a su uso y participación en las sesiones ICE. De igual manera, el que los hagamos partícipes del planteamiento de soluciones y hagamos el seguimiento de los compromisos tomados, influyó a que se presenten preparados a las sesiones.

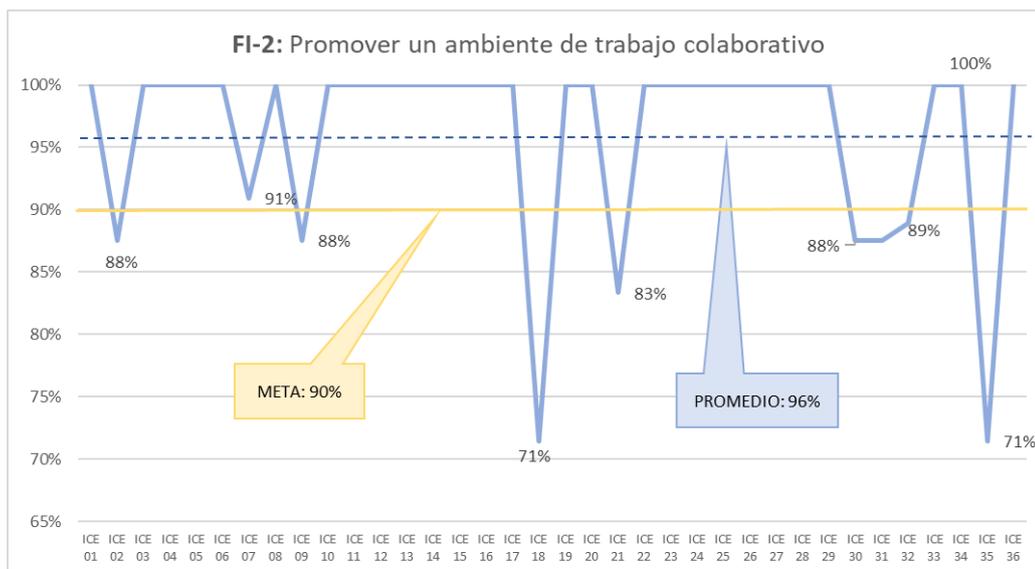


Gráfico N° 10: FI-2: Promover un ambiente de trabajo colaborativo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12: Participación en las sesiones ICE

	META	ICE 01	ICE 02	ICE 03	ICE 04	ICE 05	ICE 06	ICE 07	ICE 08	ICE 09	ICE 10	ICE 11	ICE 12	ICE 13	ICE 14	ICE 15	ICE 16	ICE 17	ICE 18	
FI-2	90%	100%	88%	100%	100%	100%	100%	91%	100%	88%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	71%
		ICE 19	ICE 20	ICE 21	ICE 22	ICE 23	ICE 24	ICE 25	ICE 26	ICE 27	ICE 28	ICE 29	ICE 30	ICE 31	ICE 32	ICE 33	ICE 34	ICE 35	ICE 36	
		100%	100%	83%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	88%	88%	89%	100%	100%	71%	100%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Resultados acumulados mensuales

BASE	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
0.0%	96.2%	97.2%	98.0%	96.7%	96.9%	96.0%

Fuente: Elaboración propia

La métrica del factor controlable es la cantidad de asistentes entre la cantidad de convocados y se expresa en porcentaje. Como se puede apreciar en el Gráfico N° 10 el nivel de participación promedio al sexto mes fue de 96% y está por encima del valor meta mínimo de 90% por lo que el nivel de participación en las sesiones ICE fue adecuado.

El factor controlable planteado de “promover un ambiente de trabajo colaborativo” está orientado a lograr el involucramiento activo de los participantes en las sesiones ICE, particularmente de los subcontratistas porque son quienes aportan su experiencia, conocimiento práctico y técnico a la solución de las incompatibilidades. Los términos

clave en este factor controlable son “promover” e “involucramiento activo” ya que los subcontratistas no son contratados por el contratista general y, por lo tanto, la relación es principalmente de colaboración y administración.

Un efecto de este factor controlable es que se realizaron reuniones a pedido de los subcontratistas para revisar la integración de los sistemas entre sus disciplinas. Un ejemplo de ello es que el 06 de agosto del 2020 se llevó a cabo una reunión con los subcontratistas de HVAC y DyA<sup>28</sup>, para revisar la interfaz de los módulos de control entre ambos. En dicha reunión, se determinó que la cantidad de módulos indicados en el diseño de DyA no coincidía con el indicado en el diseño de HVAC. La relación de colaboración se hizo evidente cuando los subcontratistas coordinaron reuniones adicionales entre ellos para resolver la incompatibilidad.

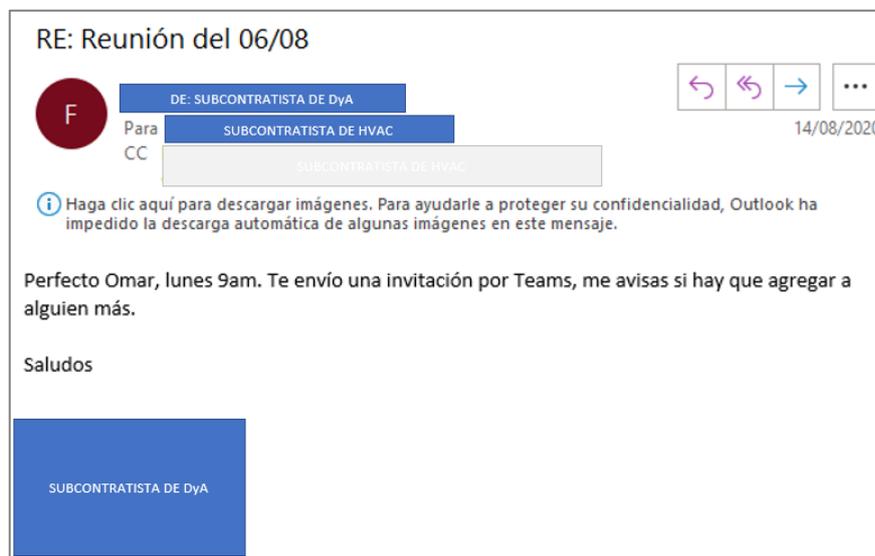


Figura N° 34: Extracto de correo electrónico de coordinación entre subcontratistas.

### 5.3. FB-1 y FB-2: Confiabilidad del modelo del diseño en 2D y Confiabilidad gráfica del modelo

En el análisis de la situación del modelo previo a la implementación VDC, se determinó que el 99.2% de los planos habían sido modelados con un nivel de desarrollo de por lo menos LOD300. A medida que avanzaba el proyecto, el cliente fue completando los diseños y entregando los planos pendientes conforme eran generados, como son los diseños de equipamiento de lavandería y equipamiento de cocina, diseño de losas y

<sup>28</sup> Abreviatura de Detección y Alarma.

tabiques acústicos, entre otros. El aumento en la cantidad de planos a modelar afectó el nivel de confiabilidad del modelo en función de los planos 2D cuya métrica es la cantidad de planos modelados entre el total de planos modelables y se expresa en porcentaje.

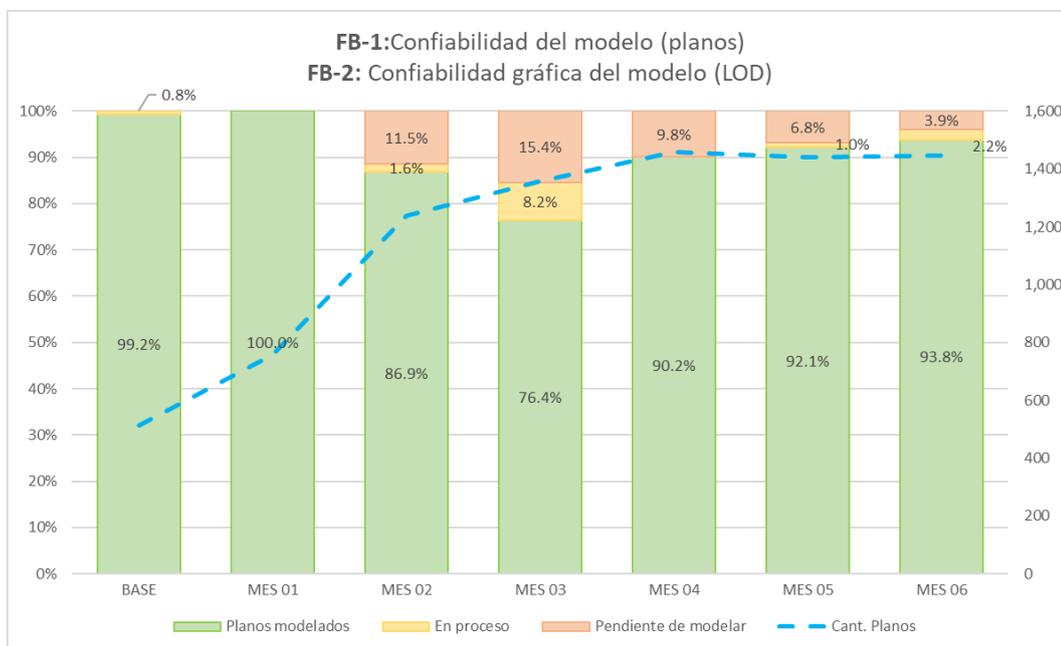


Gráfico N° 11: FB-1 y FB-2: Confiabilidad gráfica del modelo

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el Gráfico N° 11, la cantidad de planos a ser modelados fue incrementando progresivamente, razón por la cual el porcentaje de planos modelados fluctúa mes a mes. Dada la cantidad de planos nuevos que se recibían mensualmente, se dio prioridad al modelado de los planos de los niveles según el lookahead de obra, para tener la oportunidad de reportar las incompatibilidades nuevas a tiempo.

Tabla 14: Registro mensual del modelado de planos

	BASE		MES 01		MES 02		MES 03		MES 04		MES 05		MES 06	
Planos modelados	508	99.2%	759	100%	1077	86.9%	1037	76.4%	1317	90.2%	1326	92.1%	1358	93.8%
En proceso	4	0.8%	0	0.0%	20	1.6%	112	8.2%	0	0.0%	15	1.0%	32	2.2%
Pendiente	0	0.0%	0	0.0%	142	11.5%	209	15.4%	143	9.8%	98	6.8%	57	3.9%
<b>Total</b>	512		759		1239		1358		1460		1439		1447	
Confiabilidad del modelo	99.2%		100.0%		86.9%		76.4%		90.2%		92.1%		93.8%	
LOD mínimo	300		300		300		300		300		300		300	

Fuente: Elaboración propia

En el mes 03 (setiembre 2020) el proceso de actualización del modelo en función de los planos se vio afectado por la reducción del equipo de modeladores explicada en el capítulo IV, lo cual se ve reflejado en el resultado de 76.4% de planos modelados. En el siguiente mes, se activó un segundo equipo de modeladores (Equipo B) para cumplir con la entrega formal del modelo con la información recibida hasta el 06 de octubre según lo solicitado por la Oficina Técnica, lo cual ayudó a mejorar el resultado del factor controlable, a 90.2% para el mes 04.

Durante los días que estuvieron activos ambos equipos (Equipo A y B) y teniendo en cuenta que debían actualizar el modelo con los planos nuevos recibidos y con las respuestas de los RFIs recibidos hasta el 06 de octubre del 2020, organizamos a los modeladores de la siguiente manera:

- El equipo A estaba cargo de actualizar el modelo del nivel próximo a ejecutarse, de acuerdo con el plan de obra y luego continuaría con la actualización de los sótanos.
- El equipo B estaba a cargo de modelar los planos y respuestas de RFIs recibidos.
- La carga del equipo A se reducía ligeramente, porque de acuerdo con el plan semanal de obra, se ejecutaría un nivel de habitaciones mayormente típico, por lo que apoyaría al equipo B en la actualización del modelo una vez verificado el nivel que correspondía en la semana.
- El equipo B realizaría la actualización de los niveles de áreas públicas: sótano 01, nivel P01, P02 y P03 del hotel Intercontinental, y sótano 01, nivel P01 del hotel Índigo para luego continuar desde el nivel de cubierta e ir bajando hasta encontrarse con el equipo A.

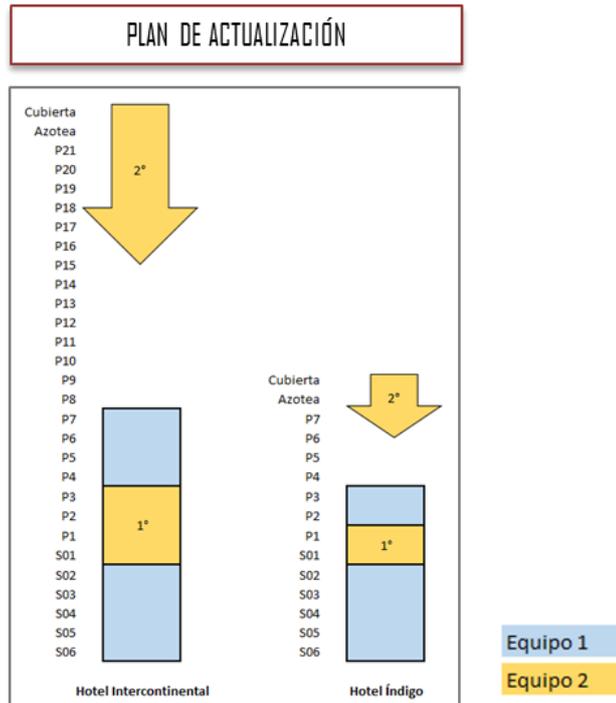


Figura N° 35: Plan de actualización del modelo

Fuente: Elaboración propia

#### 5.4. FP-1: Mejorar la claridad de las consultas generadas

A raíz del análisis de la tendencia en el periodo de latencia (MP-1), se determinó que uno de los motivos por los cuales el tiempo de respuesta era tan amplio es que, en ocasiones la supervisión y los diseñadores no comprendían la consulta realizada. Producto de ello, es que se decidió incorporar como factor controlable la revisión más detallada de los RFIs generados antes de ser emitidos, procurando mejorar la claridad y la redacción de las consultas, precisión en lo que se solicita e imágenes del modelo con mejor ángulo de visión, así como el uso de flechas y recuadros que enmarquen el problema.

También se coordinó con las personas a cargo de la generación de RFIs, las pautas y lineamientos para tener en cuenta en la redacción de los RFIs, como especificar los ejes, láminas, niveles donde se ubica la consulta, así como la inclusión de imágenes que complementen la pregunta y la solicitud explícita de lo que esperamos en la respuesta, ya sea un plano, la validación de una propuesta, etc.

Tabla 15: Registro mensual de RFIs revisados antes de su emisión

	BASE	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
Cant RFIs generados	-	86	217	410	506	618	689
Cant. RFIs revisados	-	85	217	410	506	618	689
% RFIs revisados		98.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

Fuente: Elaboración propia

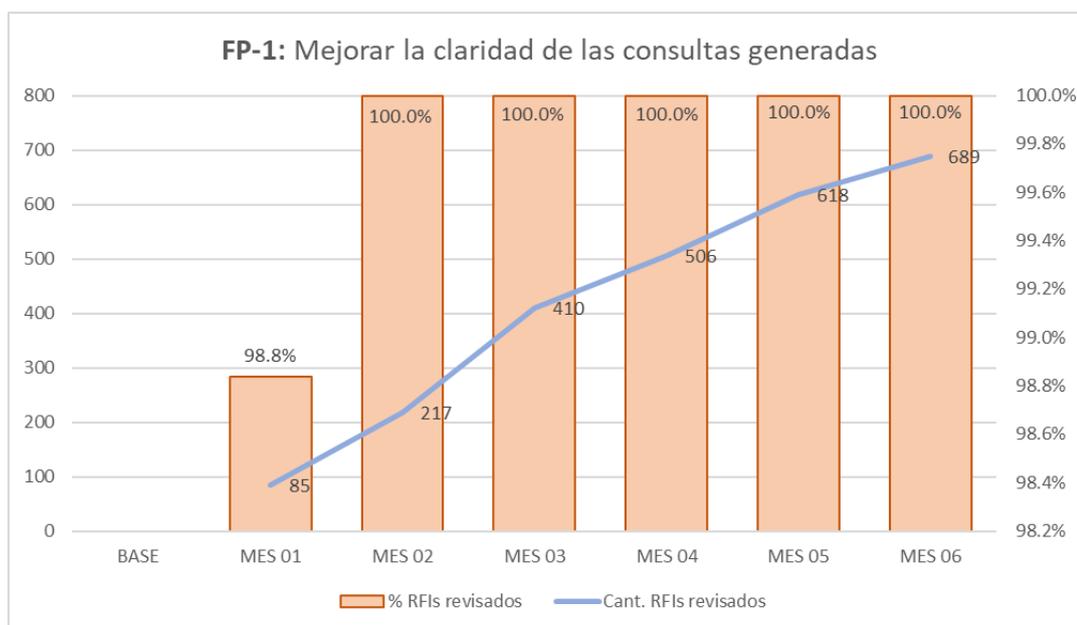


Gráfico N° 12: FP-1: Mejorar la claridad de las consultas generadas

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 15, se cumplió con la revisión del 100% de los RFIs generados previo a la emisión formal, con lo cual se logró reducir la cantidad inicial de 13% de RFIs considerados con respuesta parcial como se muestra en la Tabla 16.

Tabla 16: Estado mensual de RFIs

Estado	BASE	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
Resuelto	58.1%	67.6%	61.1%	50.7%	54.3%	51.7%	52.3%
Parcial	13.0%	8.7%	6.8%	6.0%	6.9%	6.1%	7.1%
Respuesta en revisión	13.7%	8.4%	11.7%	29.8%	25.6%	26.3%	25.1%
Pendiente	15.1%	15.3%	20.4%	13.5%	13.3%	15.6%	15.0%
Anulado	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	0.3%	0.5%
<b>Total</b>	<b>100%</b>						

Fuente: Elaboración propia

La claridad y apoyo visual con la que se generan las consultas en los RFIs tomaba mayor relevancia en los niveles superiores del proyecto, dada la complejidad de las incompatibilidades e interrelación entre los sistemas.

### 5.5. FP-2: Envío del listado de consultas (Agenda)

Para realizar las sesiones ICE se enviaron las convocatorias con la agenda de las incompatibilidades a revisar, procurando enviar el listado o agenda con por lo menos un día de anticipación para que la supervisión pueda coordinar con los diseñadores y los subcontratistas puedan analizar alternativas de solución.

Tabla 17: Emisión de agenda por sesión ICE

	META	ICE 01	ICE 02	ICE 03	ICE 04	ICE 05	ICE 06	ICE 07	ICE 08	ICE 09	ICE 10	ICE 11	ICE 12	ICE 13	ICE 14	ICE 15	ICE 16	ICE 17	ICE 18
FP-2	100%	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
		ICE 19	ICE 20	ICE 21	ICE 22	ICE 23	ICE 24	ICE 25	ICE 26	ICE 27	ICE 28	ICE 29	ICE 30	ICE 31	ICE 32	ICE 33	ICE 34	ICE 35	ICE 36
		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia

Mas aún, para la primera semana de implementación VDC se realizó el envío de la agenda para las cinco sesiones a llevarse a cabo en esa semana, como se muestra en la Figura N° 36.

Como se puede apreciar en la Tabla 17, se cumplió con el envío de la agenda de todas las reuniones, salvo en la sesión ICE N° 08 en la tuvimos que modificar la agenda horas antes de la sesión y, por lo tanto, no se contabiliza en el resultado del factor controlable ya que no se envió con la suficiente anticipación.

Tabla 18: FP-2: Emisión de agenda

BASE	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
0.0%	88.89%	91.67%	94.12%	95.83%	96.67%	97.22%

Fuente: Elaboración propia

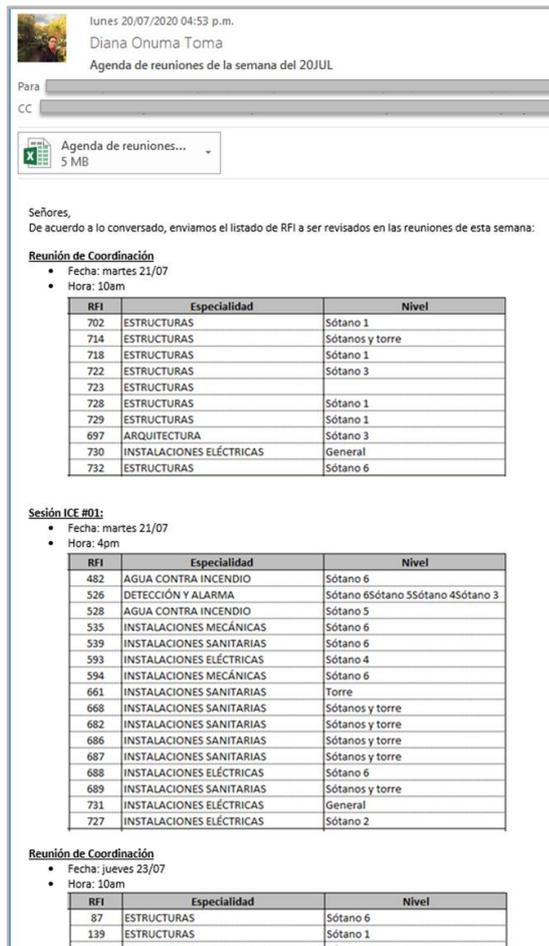


Figura N° 36: Extracto de correo electrónico con la agenda de sesiones ICE

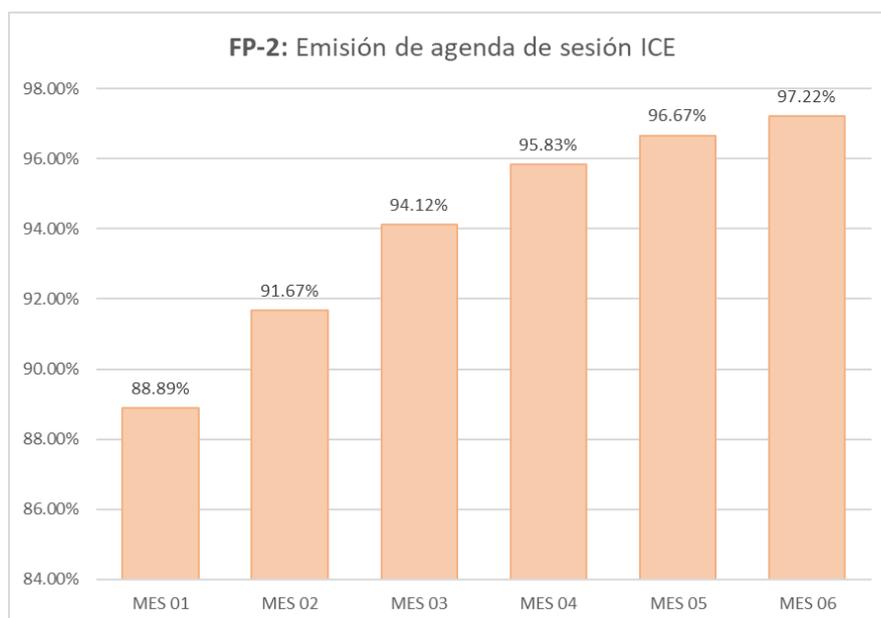


Gráfico N° 13: FP-2: Emisión de agenda de sesión ICE

Fuente: Elaboración propia

## 5.6. FP-3: Envío de actas de sesiones ICE

Luego de cada sesión ICE se realizaba el envío de las actas y dado que en ella se plasman los acuerdos tomados, incluí el estado de cada uno de los puntos a manera de resumen para facilitar la labor de la supervisión en la formalización de los RFIs, indicando si la consulta quedaba resuelta, parcial o pendiente y de esta manera, facilitar el mapeo de aquellos RFIs cuyos acuerdos resolvían la consulta y, por lo tanto, debían formalizarse lo antes posible.

Tabla 19: Registro mensual de actas de reunión emitidas y cantidad de sesiones ICE

	BASE	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
Cant. Sesiones	0	9	3	5	7	6	6
% Actas emitidas	0%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

Fuente: Elaboración propia

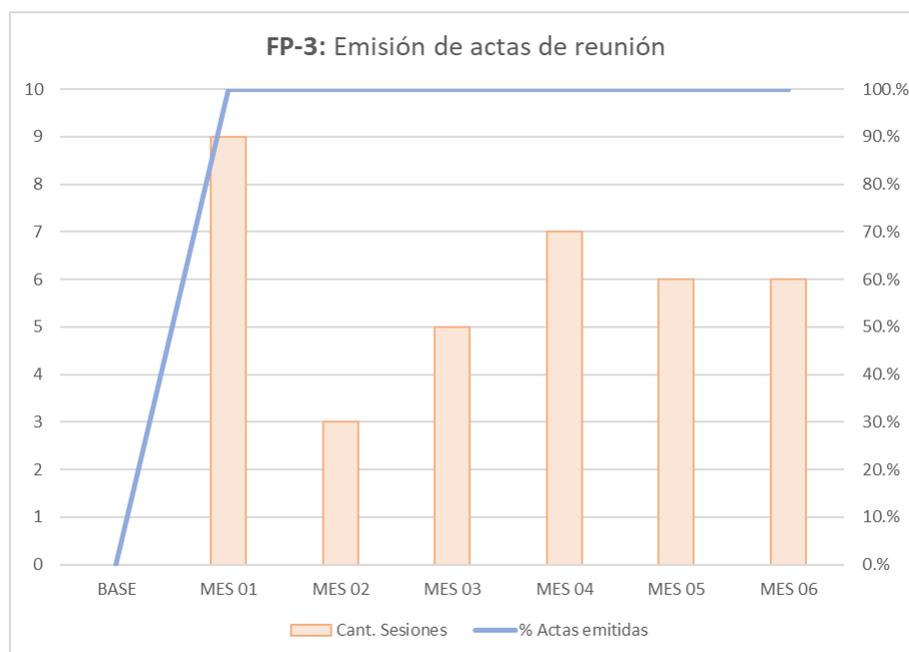


Gráfico N° 14: FP-3: Emisión de actas de reunión

Fuente: Elaboración propia

En la Figura N° 37 se muestra un extracto de un acta de reunión en la que se observan los acuerdos e indicaciones para las consultas revisadas. Para aquellas consultas que eran resueltas en las sesiones ICE, se coordinaba con el asistente de oficina técnica de la supervisión para la respuesta formal del RFI, como se muestra en la Figura N° 38.

ITEM	DESCRIPCIÓN	RESPONSABLE
<u>1</u>	<b>RFIS</b>	
1.01	RFI 719: SCHT trasladará la consulta al proyectista. <b>ESTADO: PENDIENTE</b>	SCHT
1.02	RFI 496: LS indica que las tuberías deberán ir empotradas en el tabique. SCHT formalizará respuesta en RFI. <b>ESTADO: RESUELTO</b>	SCHT
1.03	RFI 627: LS indica que se deberá reubicar el punto de llenado de la cisterna (del lado del medidor al costado del cuarto de control). Desde allí, bajar y en el sótano atravesar por el FCR para empalmar. Ver imágenes adjuntas. SCHT formalizará respuesta en RFI. <b>ESTADO: RESUELTO</b>	SCHT

*Figura N° 37: Extracto de acta de reunión*

**Formalización de RFIs**

 **Diana Onuma Toma**  
Para [Redacted]  
CC [Redacted]

 Acta de Reunión 18082020.xlsx  
438 KB

 Acta de Reunión 24072020.xlsx  
77 KB

Estimado David,  
Favor tu apoyo formalizando las respuestas de los RFIs según los acuerdos tomados en las reuniones pasadas:

En la reunión del 18/08/20, se resolvieron los siguientes RFIs:

- RFI 691
- RFI 824
- RFI 889
- RFI 894
- RFI 895
- RFI 897

De la reunión del 24/07/2020:

- RFI 665

Por otro lado, los siguientes RFIs se resuelven con los planos actualizados recibidos:

- RFI 436
- RFI 439
- RFI 617
- RFI 635

Y procederemos con el cierre del RFI 533.

Gracias,  
Diana Onuma

*Figura N° 38: Correo electrónico recordatorio*

Con estas acciones logramos formalizar la firma de varias respuestas de RFIs que habían sido respondidos, pero sin la firma del representante de la supervisión por lo que carecían de validez documentaria.

### **5.7. FP-4: Programación semanal de actividades**

A raíz de la reducción del equipo de modeladores en setiembre y el incremento de funciones en octubre, se estableció un plan de trabajo para poder cumplir con todas las

tareas requeridas. Para ello, también se tuvo en cuenta las restricciones económicas al ser un trabajo cuyo costo no sería reconocido por el cliente, pero necesario para el equipo de proyecto.

Como se mostró en la Tabla 14, la cantidad de planos a ser modelados, así como la cantidad de respuestas de RFIs aumentaba visiblemente mes a mes, generando un gran inventario (planos y RFIs por modelar) y contábamos con poco tiempo disponible para procesarlo de acuerdo con el plan semanal de obra y a la entrega formal del modelo con fecha de corte al 06 de octubre del 2020, por lo que era claro que requeríamos aumentar la capacidad de trabajo del equipo de modeladores, activando equipos temporales.

Esta estrategia resultaba más rápida, práctica y económica que aumentar la cantidad de recursos en el Equipo A ya que, de esta manera dividíamos el trabajo en varios equipos paralelos y porque los plazos de activación del Equipo B y C se limitaban al trabajo requerido y tiempo disponible.

Durante el modelamiento del proyecto previo a la solicitud de entrega del modelo con corte al 06 de octubre, la capacidad de atención al equipo de producción era diaria o con una ventana mínima de tiempo de un par de días, es decir que las consultas de campo eran mayormente urgentes. Era evidente que ese ritmo de trabajo no era sostenible y no estábamos aprovechando los recursos de manera adecuada ya que en ocasiones no lográbamos entregar toda la información requerida por el equipo de producción. Para equilibrar el trabajo realizamos la planificación semanal nivelando los recursos disponibles y priorizando las tareas con el equipo de producción.

Esta priorización se establecía en función de los requerimientos de los frentes de producción, los cuales se revisaban en reuniones semanales que se realizaba cada viernes como se observa en el esquema de la Figura N° 39, para luego preparar el plan semanal detallado con fechas de compromiso con el equipo de modeladores. Esto, sumado a que algunos sistemas se repiten en algunos pisos, nos permitía agrupar las consultas de varios niveles.

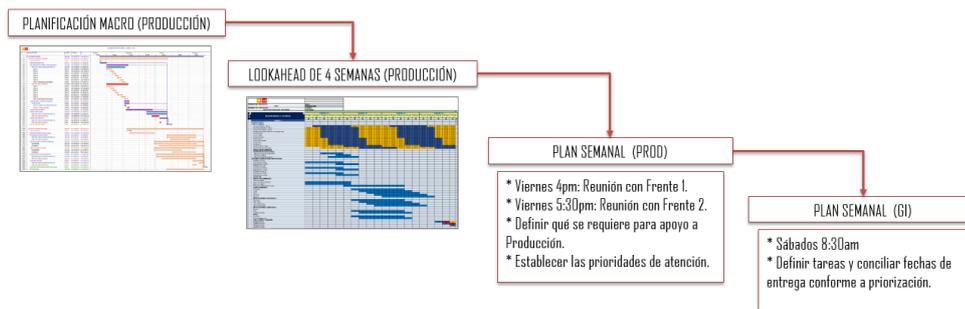


Figura N° 39: Esquema para la planificación semanal de actividades

Fuente: Elaboración propia

Desde la última semana de setiembre hasta la primera semana de noviembre, que fueron las semanas de mayor carga de trabajo, se realizó la planificación de las actividades y tareas del equipo de modeladores, así como el seguimiento para su cumplimiento, logrando el 100% de semanas planificadas en ese periodo. En el *Anexo 2* se muestra el cuadro de seguimiento de las tareas programadas en la primera semana de octubre.

Tabla 20: Programación semanal de tareas

	META	5° Sem SET	1° Sem OCT	2° Sem OCT	3° Sem OCT	4° Sem OCT	1° Sem NOV
Sem. Programada	100%	✓	✓	✓	✓	✓	✓

Fuente: Elaboración propia

## CAPÍTULO VI: MÉTRICAS DE PRODUCCIÓN

Como indiqué en el capítulo I, las métricas de producción nos sirven para medir qué tan bien - o mal – se desarrolla el proyecto con los factores controlables seleccionados, por ejemplo, qué tan rápido estamos resolviendo las incompatibilidades o qué tan eficientes son las sesiones ICE.

Para el proyecto se plantearon las métricas de producción mostradas en la Tabla 6, Tabla 7 y Tabla 8 en el capítulo III, los cuales detallo a continuación:

### 6.1. MI-1: Efectividad de las sesiones ICE

En el plan de implementación inicial se planteó como meta para la efectividad de las sesiones ICE que el 100% de las consultas revisadas sean resueltas en las sesiones ICE, bajo la premisa de que se contaría con la participación y comunicación directa con los diseñadores, como se propuso en el plan de trabajo en la etapa del concurso. Sin embargo, durante la ejecución del proyecto cambiaron las condiciones y al no tener contacto directo con los diseñadores se tuvo que modificar el plan y, por ende, también la meta planteada para esta métrica de producción reduciéndolo a 85%. Idealmente, la meta planteada se mantendría en 100% pero el ajuste se debe a que algunos RFIs deben ser trasladados necesariamente a los diseñadores y las soluciones propuestas en las sesiones ICE que implicasen cambios significativos en el proyecto debían ser validadas por la supervisión y el cliente. En ese sentido, la efectividad de la sesión se ha medido teniendo en cuenta las consultas resueltas y aquellas en las que se generaba una propuesta para validación.

*Tabla 21: Efectividad de las sesiones ICE*

	META	ICE 01	ICE 02	ICE 03	ICE 04	ICE 05	ICE 06	ICE 07	ICE 08	ICE 09	ICE 10	ICE 11	ICE 12	ICE 13	ICE 14	ICE 15	ICE 16	ICE 17	ICE 18
MI-1	85%	45.5%	37.5%	82.6%	35.3%	38.9%	70.0%	38.1%	50.0%	66.7%	83.3%	68.8%	85.7%	100%	50.0%	100%	58.3%	37.5%	34.8%
		ICE 19	ICE 20	ICE 21	ICE 22	ICE 23	ICE 24	ICE 25	ICE 26	ICE 27	ICE 28	ICE 29	ICE 30	ICE 31	ICE 32	ICE 33	ICE 34	ICE 35	ICE 36
		100%	100%	100%	100%	71.4%	19.2%	50.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.1%	0.0%	0.0%	100%	45.5%	33.3%	0.0%

*Fuente: Elaboración propia*

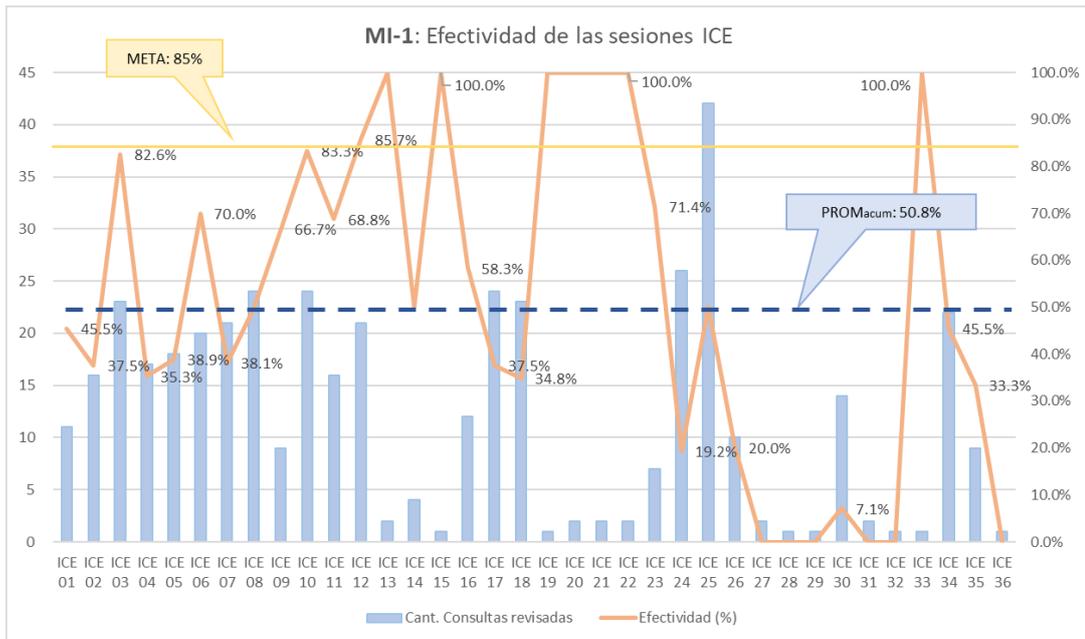


Gráfico N° 15: MI-1: Efectividad de las sesiones ICE

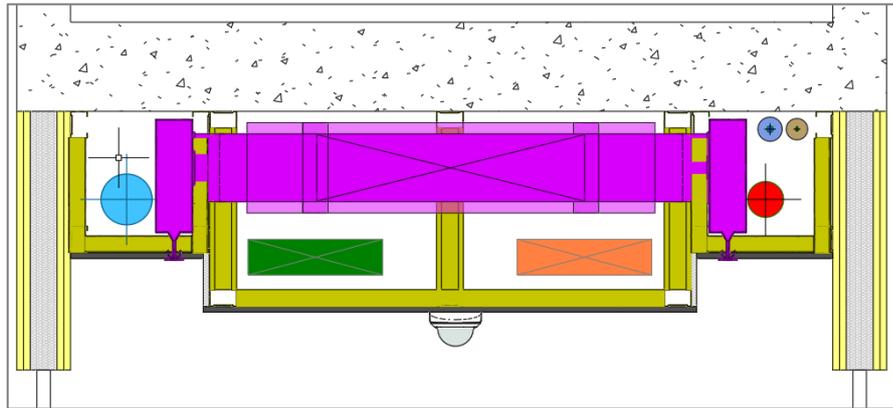
Fuente: Elaboración propia

En el Gráfico N° 15 podemos observar que la efectividad de las sesiones es mayor en las sesiones en las que se programó una cantidad reducida de RFIs a ser revisadas. La menor cantidad de RFIs programados en esas sesiones se debe a que se trataba de incompatibilidades complejas que involucraban a casi todas las disciplinas y se estimaba que el tiempo para resolverlas sería mayor.



Figura N° 40: Vista del modelo 3D de las instalaciones en el pasillo del Hotel Intercontinental con el software Navisworks.

Como es usual en proyectos hoteleros, se tienen zonas de gran densidad de instalaciones en espacios reducidos, como es el caso de las instalaciones colgadas sobre el FCR en los pasillos de ambos hoteles. Se programaron sesiones ICE para resolver las incompatibilidades complejas que involucraban varios sistemas con ayuda del modelo 3D, en las que se requirió de la colaboración e integración de las empresas subcontratistas.



*Figura N° 41: Corte del pasillo del Hotel Intercontinental en la zona de difusores lineales con el software Navisworks.*

En las sesiones ICE se proponían soluciones que luego debían ser validadas por los diseñadores y en ocasiones, las propuestas eran rechazadas o modificadas por restricciones propias del diseño, por lo que debían ser revisadas en una siguiente reunión y desarrollar nuevas propuestas.

El ciclo de propuestas, revisiones y replanteos afectó la efectividad de las sesiones ICE, como se puede observar en los resultados de las sesiones ICE N° 27 a 29, 31 y 32 de la Tabla 21.

*Tabla 22: Registro mensual de la efectividad de las sesiones ICE.*

<b>BASE</b>	<b>MES 01</b>	<b>MES 02</b>	<b>MES 03</b>	<b>MES 04</b>	<b>MES 05</b>	<b>MES 06</b>
58% <sup>29</sup>	51.6%	58.5%	61.7%	65.6%	55.0%	50.8%

*Fuente: Elaboración propia*

<sup>29</sup> La efectividad base de 58% corresponde al porcentaje de consultas respondidas del total de consultas emitidas en el proceso existente, que se tomó como punto de referencia y línea base.

En el primer mes se obtuvo una efectividad menor a la base, lo cual podría deberse al tiempo de adecuación al nuevo proceso de trabajo, el cual fue mejorando mes a mes. Sin embargo, esta efectividad se vio afectada en los meses siguientes al incrementar la complejidad de las consultas, por lo que muchas de ellas quedaban pendientes con cargo a que la supervisión los transmitiría a los diseñadores.

La efectividad acumulada de las sesiones ICE al sexto mes fue de 50.8%, con un máximo de 65.6% de efectividad en el cuarto mes. Si bien resultado acumulado de 50.8% es menor a la meta establecida de 85%, la medición de esta métrica de producción permitió analizar la situación real del proyecto y la cantidad de indefiniciones o consultas pendientes para su ejecución.

Como indiqué anteriormente, a las sesiones ICE se convocó a los subcontratistas en reemplazo de los diseñadores para resolver las incompatibilidades detectadas, sin embargo, en ocasiones la contratación de algunas empresas aún no se había realizado, como es el caso del proveedor del muro cortina quien fue contratado a mediados de octubre del 2020 y, por lo tanto, los detalles del ETO<sup>30</sup> se empezaron a trabajar recién en el mes de noviembre. Otro ejemplo es la contratación del proveedor de los ascensores, ya que cada marca tiene variaciones en sus instalaciones, las mismas que pueden afectar el diseño considerado, así como la interrelación con otras especialidades como la de detección y alarma o las estructuras.

En las últimas sesiones ICE se hizo evidente la importancia de que participen los diseñadores, ya que muchas propuestas eran rechazadas en fechas posteriores cuando la supervisión las trasladaba al diseñador para validación, perdiendo días en la espera de respuesta.

Al comparar los resultados de este proyecto con los de otro proyecto hotelero similar en el que los diseñadores si participaban activamente de las sesiones ICE, se puede observar la diferencia en la efectividad de las sesiones donde a pesar de los mayores esfuerzos el valor máximo logrado fue de 65.6% mientras que, en el proyecto de la referencia tuvimos valores de eficiencia de 94.2% y 70.1%.

---

<sup>30</sup> ETO es el acrónimo de *Engineer to Order* y consiste en la información (planos, especificaciones) del sistema de fabricación de un producto personalizado que cumpla con los requisitos definidos por el cliente.

Tabla 23: Comparación de efectividad de sesiones ICE con proyecto similar

	Proy. Hotelero similar		Proyecto Hotelero Vistamar						
	MES 01	MES 02	BASE	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
MI-1	94.2%	70.1%	0.0%	51.6%	58.5%	61.7%	65.6%	55.0%	50.8%

Fuente: Elaboración propia

## 6.2. MI-2: Eficiencia de las sesiones ICE

Para el cálculo de la eficiencia de las sesiones ICE consideramos el tiempo de atención promedio de las consultas revisadas, para ello se divide la duración total de la sesión ICE en la cantidad de consultas revisadas. Si bien es un valor referencial, nos sirve de guía para la programación de la agenda de las siguientes sesiones.

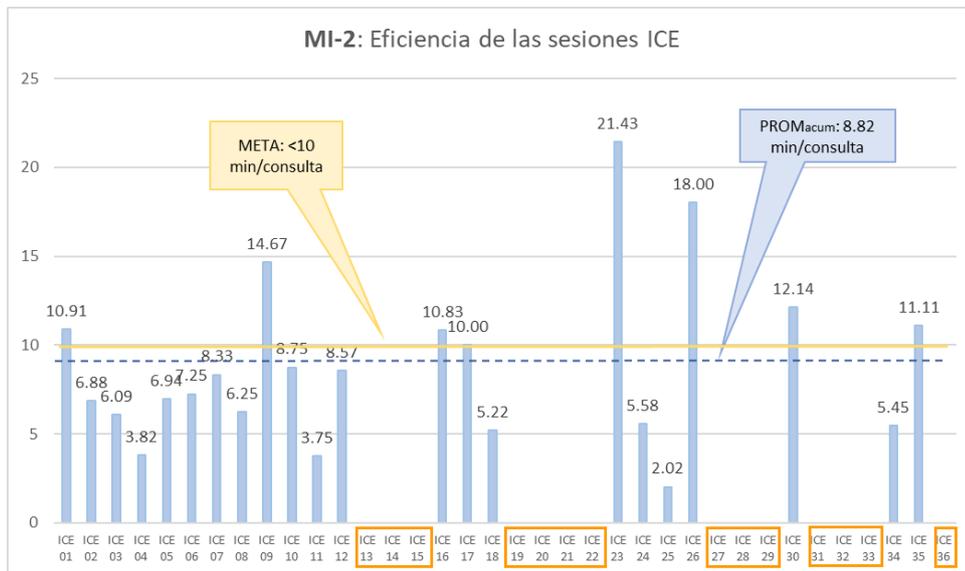


Gráfico N° 16: MI-2: Eficiencia de las sesiones ICE

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el Gráfico N° 16, el tiempo de atención promedio fue de 8.82 minutos por consulta, el cual estaba dentro del rango meta propuesto que es que sea menor a 10 minutos por consulta.

El tiempo de atención promedio por consulta en algunas sesiones fue mayor al rango límite establecido, lo cual se debería a que las consultas revisadas correspondían a incompatibilidades múltiples de varias disciplinas en una determinada zona, por lo tanto, el planteamiento de las soluciones requirió de mayor análisis y discusión entre disciplinas.

Tabla 24: Tiempo promedio por consulta revisada en las sesiones ICE

	META	ICE 01	ICE 02	ICE 03	ICE 04	ICE 05	ICE 06	ICE 07	ICE 08	ICE 09	ICE 10	ICE 11	ICE 12	ICE 13	ICE 14	ICE 15	ICE 16	ICE 17	ICE 18
MI-2	< 10	10.91	6.88	6.09	3.82	6.94	7.25	8.33	6.25	14.67	8.75	3.75	8.57				10.83	10.00	5.22
RFIs revisados		11	16	23	17	18	20	21	24	9	24	16	21	2	4	1	12	24	23
		ICE 19	ICE 20	ICE 21	ICE 22	ICE 23	ICE 24	ICE 25	ICE 26	ICE 27	ICE 28	ICE 29	ICE 30	ICE 31	ICE 32	ICE 33	ICE 34	ICE 35	ICE 36
						21.43	5.58	2.02	18.00				12.14				5.45	11.11	
RFIs revisados		1	2	2	2	7	26	42	10	2	1	1	14	2	1	1	22	9	1

Fuente: Elaboración propia

Como se indicó en la métrica de producción MI-1, se programaron sesiones ICE para tratar de resolver consultas que, por su complejidad requerían mayor tiempo de análisis. En la Tabla 24 se puede observar que en algunas sesiones se revisaron 4, 2 y hasta 1 consulta en toda la sesión. Por ejemplo, uno de los RFIs revisados en las sesiones ICE 13, 14 y 15, consistía en las interferencias de todas las instalaciones colgadas sobre el FCR en el pasillo de los niveles de las habitaciones del Hotel Intercontinental. En este ejemplo, el tiempo promedio de solo esas tres sesiones habría sido de 60 minutos por consulta, por lo que el tiempo de atención por interferencias complejas no ha sido considerado en el análisis de la métrica ya que distorsionaría el resultado.

De manera similar, en las sesiones ICE 19 a 22 y sesiones ICE 27 a 29, se revisaron las propuestas para la solución de las interferencias de las instalaciones colgadas sobre el FCR en el pasillo de los niveles de habitaciones del Hotel Índigo e incompatibilidades de la estructura metálica de las cubiertas.

Debido a la coyuntura sanitaria y a la ausencia física en las sesiones ICE, el soporte tecnológico cobra mayor protagonismo en el proceso, tanto para el desarrollo de la sesión per se con plataformas como *Zoom*, *Microsoft Teams*, *Google Meet*<sup>31</sup>, así como para la coordinación y seguimiento de los compromisos.

### 6.3. MB-1: Confiabilidad del modelo

En el capítulo II, explicamos las dos etapas del proyecto y que en la etapa 1 se realizó el modelado del proyecto de estructuras y la detección de las incompatibilidades, mas no incluía la actualización del modelo, por lo que el resultado de la incorporación de las respuestas de los RFIs tomado como base de la etapa 1, fue de 0%.

<sup>31</sup> Plataformas que permiten llevar a cabo reuniones virtuales con otras personas, ya sea por video, audio o ambos.

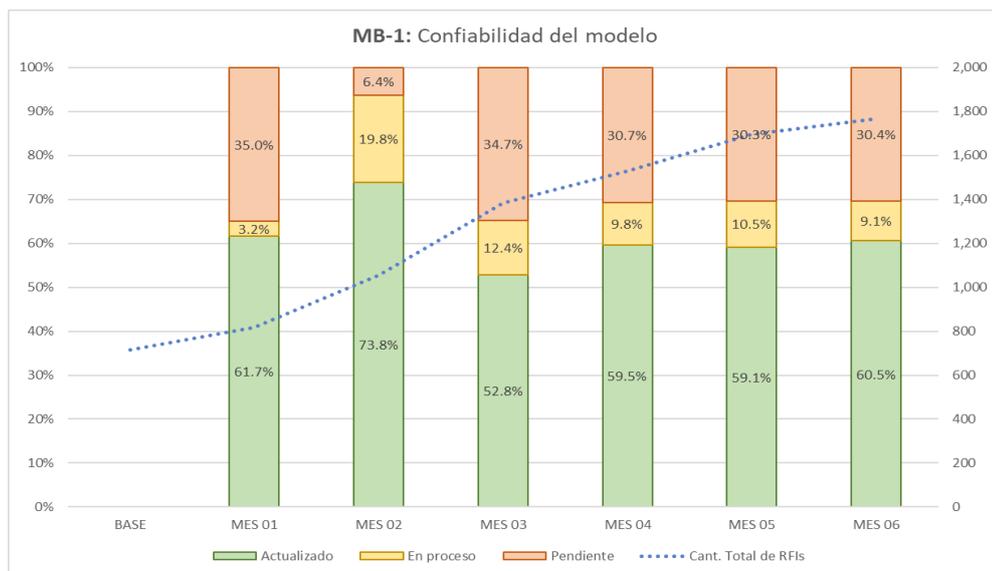


Gráfico N° 17: MB-1: Confiabilidad del modelo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 25: Registro mensual de actualización del modelo

	BASE	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
Actualizado	0%	61.7%	73.8%	52.8%	59.5%	59.1%	60.5%
En proceso	0%	3.2%	19.8%	12.4%	9.8%	10.5%	9.1%
Pendiente	0%	35.0%	6.4%	34.7%	30.7%	30.3%	30.4%
Cant. Total de RFIs emitidos	714	818	1,055	1,383	1,528	1,695	1,767

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el Gráfico N° 17 y en la Tabla 25, el porcentaje de actualización del modelo es de 60.5% al término del sexto mes. Si bien, el porcentaje podría parecer bajo, es importante considerar la cantidad de RFIs actualizados del total de RFIs respondidos que se podían modelar y que se muestra en la Tabla 26.

Tabla 26: Estado de actualización de RFIs respondidos

	BASE	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
Actualizado	0	324	440	540	646	667	698
En proceso	0	17	118	127	106	119	105
Pendiente	0	184	38	355	333	342	350
	<b>0</b>	<b>525</b>	<b>596</b>	<b>1,022</b>	<b>1,085</b>	<b>1,128</b>	<b>1,153</b>

Fuente: Elaboración propia

Al cierre del sexto mes, teníamos 9.1% de respuestas en proceso de actualización y 30.4% de respuestas pendientes de actualización, ello se debería a que algunas respuestas involucraban la actualización de varios niveles o zonas como son los niveles de habitaciones, detalles de baños de habitaciones, escaleras, etc.

En comparación con el resultado del segundo mes, en el tercer mes se observa una disminución porcentual en el proceso de actualización, de 73.8% a 52.8%, el cual se debería a varios factores:

- Aumento en la cantidad de RFIs: entre el segundo y tercer mes se emitieron 328 RFIs nuevos y la cantidad de RFIs respondidos aumentó en más del 70%.
- Varios RFIs que abarcan a varios niveles (% en proceso).
- Mayores tareas del equipo de modeladores, atendiendo consultas del equipo de campo.
- La reducción del equipo de modeladores al 50%.

Teniendo en cuenta que en octubre del 2020 debimos entregar un modelo actualizado en 8 días, la métrica de confiabilidad del modelo nos sirvió para determinar qué tanta información había sido incluida en el modelo hasta setiembre (52.8%) y cuánta faltaba ser incluida. Esta información nos sirvió para desarrollar el plan de actualización, uniendo los esfuerzos del equipo A y B.

El modelo debía ser modificado con la información que se iba generando, ya sea con los planos actualizados o con las respuestas de los RFIs, para asegurar que el modelo se encuentra actualizado y que se siguen detectando y resolviendo las incompatibilidades conforme se va avanzando.

#### **6.4. MP-1: Reducir el periodo de latencia**

Como se indicó en el punto 3.4, se estableció que la efectividad del proceso tradicional en la solución de consultas o RFIs era de 58% con un tiempo de latencia máximo de 213 días. Para la medición de la métrica de producción MP-1, se realizó un corte considerando únicamente los RFIs generados a partir del 01 de julio del 2020, ya que de lo contrario el resultado sería el mismo (213 días).

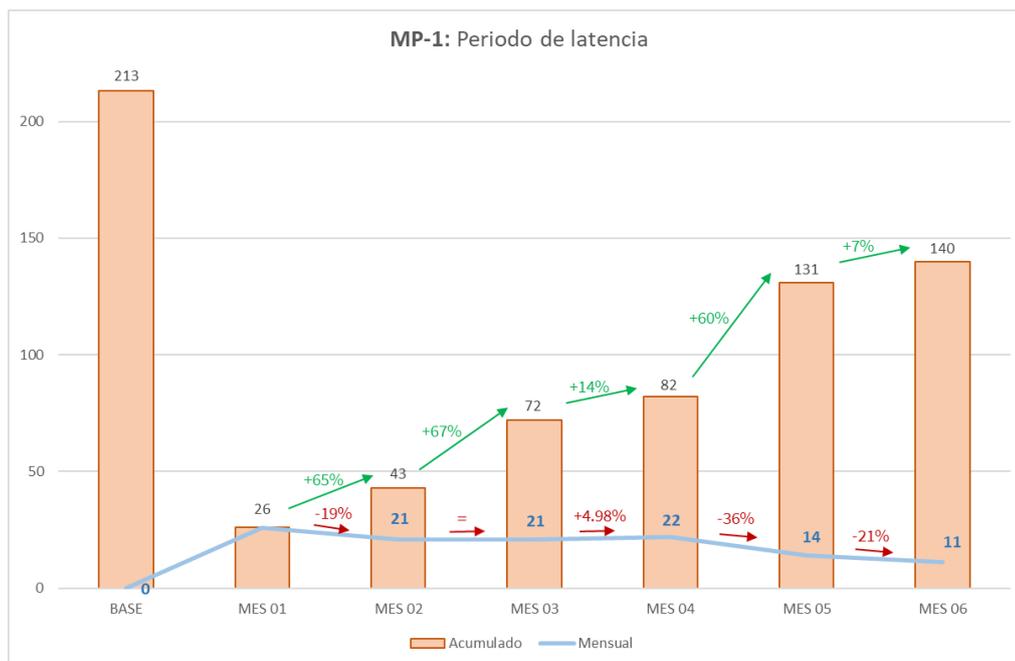


Gráfico N° 18: MP-1: Reducción del periodo de latencia

Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Registro del periodo de latencia mensual y acumulado

	META	BASE	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
MP-1	<5d	0	26	21	21	22	14	11
	Acumulado	213	26	43	72	82	131	140

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en el Gráfico N° 18 y en la Tabla 27, el tiempo de latencia acumulado continuó incrementando mes a mes, hasta llegar a los 140 días acumulados en un periodo de 184 días calendario (06 meses), sin embargo, el tiempo de respuesta máximo mensual fue mejorando hasta los 11 días en el sexto mes. La reducción del tiempo de respuesta podría deberse a que las consultas estaban mejor redactadas y detalladas, producto del factor controlable FP-1 de mejorar la claridad de las consultas generadas, lo cual demostraría que el factor controlable aplicado estaría dando resultado. Del análisis de los resultados, se puede concluir que la supervisión estaría respondiendo con relativa rapidez los RFIs nuevos y que, si no eran respondidos en las primeras dos semanas de emisión, podrían quedar pendientes. Asimismo, se observa que los RFIs que fueron emitidos en los primeros meses de la implementación y que estaban pendientes continúan pendientes.

## 6.5. MP-2: Formalización de las decisiones

Los RFIs firmados formaban parte de los documentos de gestión requeridos tanto por GyM S.A. como por el cliente y la supervisión, razón por la cual era importante contar ellos. En ese sentido, los acuerdos e indicaciones de los RFIs que eran resueltos en las sesiones ICE debían ser formalizados en las respuestas de los RFIs y firmados por la supervisión.

En el Gráfico N° 19 se puede observar que se logró formalizar los acuerdos o propuestas de solución en el 59.1% de los RFIs, sin embargo, en otros casos no se llegaron a resolver los RFIs revisados como es el caso de la sesión ICE N° 27 en la que se revisaron 2 RFIs complejos, pero no se lograron resolver en la sesión y, por ende, el resultado del MP-2 no es contabilizado.

Por otro lado, algunas propuestas revisadas en las sesiones ICE no eran aprobadas por el cliente o los diseñadores, por lo que el resultado en esos casos es de 0% afectando el resultado de la métrica de producción.

*Tabla 28: Registro de RFIs firmados revisados en sesiones ICE*

	META	ICE 01	ICE 02	ICE 03	ICE 04	ICE 05	ICE 06	ICE 07	ICE 08	ICE 09	ICE 10	ICE 11	ICE 12	ICE 13	ICE 14	ICE 15	ICE 16	ICE 17	ICE 18
MP-2	100%	100%	100%	95%	50%	86%	71%	13%	75%	50%	85%	9%	100%	50%	50%	0%	86%	100%	13%
		ICE 19	ICE 20	ICE 21	ICE 22	ICE 23	ICE 24	ICE 25	ICE 26	ICE 27	ICE 28	ICE 29	ICE 30	ICE 31	ICE 32	ICE 33	ICE 34	ICE 35	ICE 36
		0%	0%	0%	0%	100%	100%	100%	100%				100%			0%	40%	100%	

*Fuente: Elaboración propia*

*Tabla 29: Registro mensual de RFIs firmados revisados en sesiones ICE*

BASE	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05	MES 06
0.0%	71.0%	69.5%	65.8%	55.5%	60.4%	59.1%

*Fuente: Elaboración propia*

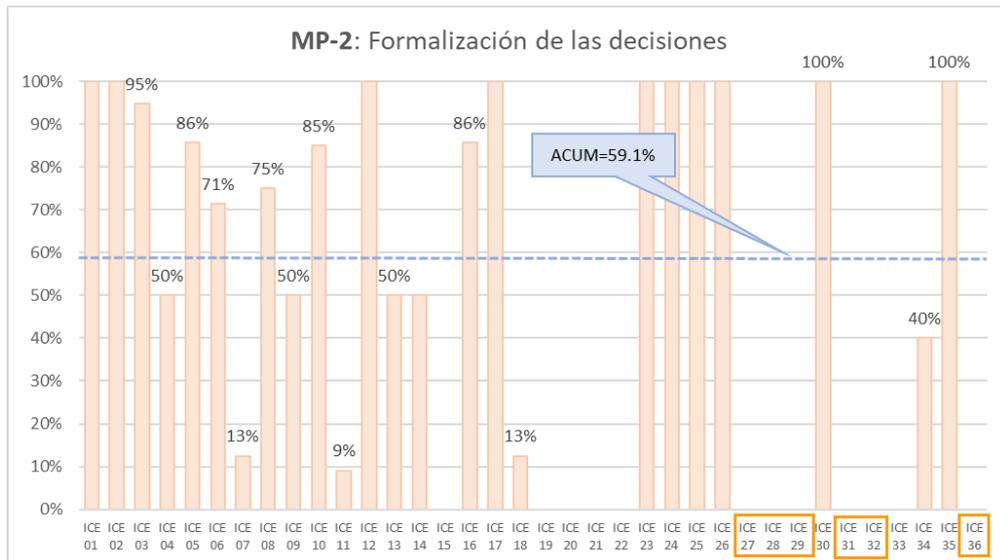


Gráfico N° 19: MP-2: Formalización de decisiones de RFIs revisados en sesiones ICE  
Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente, se realizó el monitoreo de los RFIs resueltos en las sesiones para su posterior formalización. Si bien en las sesiones se llegaba a resolver varios de los RFIS, en ocasiones le tomaba varios días a la supervisión en formalizar la respuesta. Es por ello, que luego de la emisión del acta de reunión, realizamos el envío de un correo con el estado de cada consulta, como resumen y ayuda a la supervisión para que puedan ver rápidamente cuáles podían formalizar.

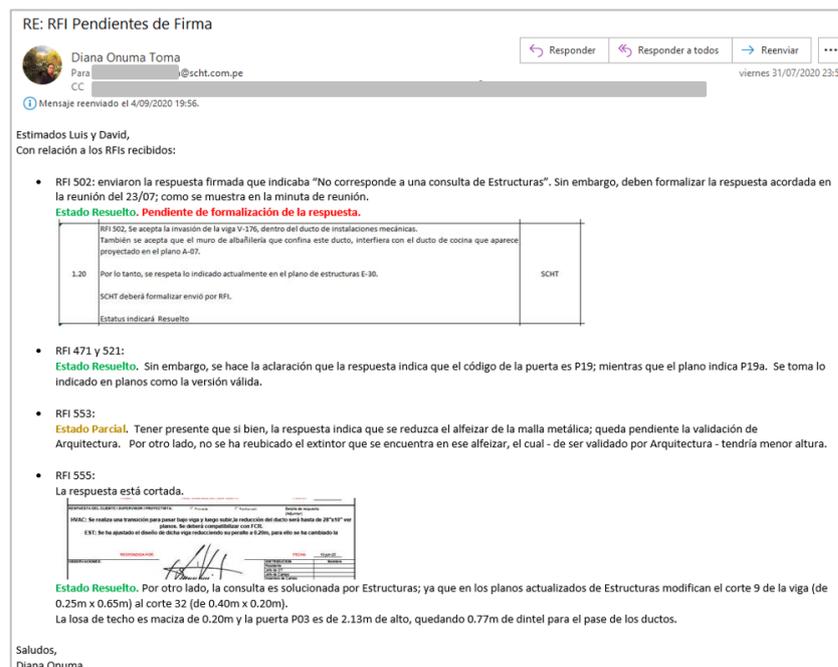


Figura N° 42: Correo recordatorio

A pesar de los esfuerzos, en la sesión N°11 tuvimos una caída en el resultado debido a que en esa semana tuvimos que atender unos temas críticos con el equipo de obra, lo que consumió gran parte del tiempo de gestión.

Por otro lado, y como se explicó anteriormente, las propuestas de solución desarrolladas en las sesiones ICE debían ser validadas por los diseñadores quienes en ocasiones rechazaban las propuestas días después de la sesión, afectando la métrica de producción MP-2 que considera la formalización de todas las propuestas en los días posteriores a la sesión. Es decir que, si los RFIs fueron formalizados de forma tardía no se contabilizan en esta métrica por el tiempo transcurrido desde la sesión hasta la formalización, para no distorsionar los resultados de los meses previos y tener una base de comparación.

En el Gráfico N° 4 se puede observar que previo a la implementación del VDC solo el 53.9% de los RFIs habrían sido firmados por la supervisión, razón por la cual se trabajó con ellos en la formalización de la documentación dada la importancia que tienen los documentos para la gestión de la Oficina Técnica, llegando a formalizar el 99.39% de los RFI respondidos.

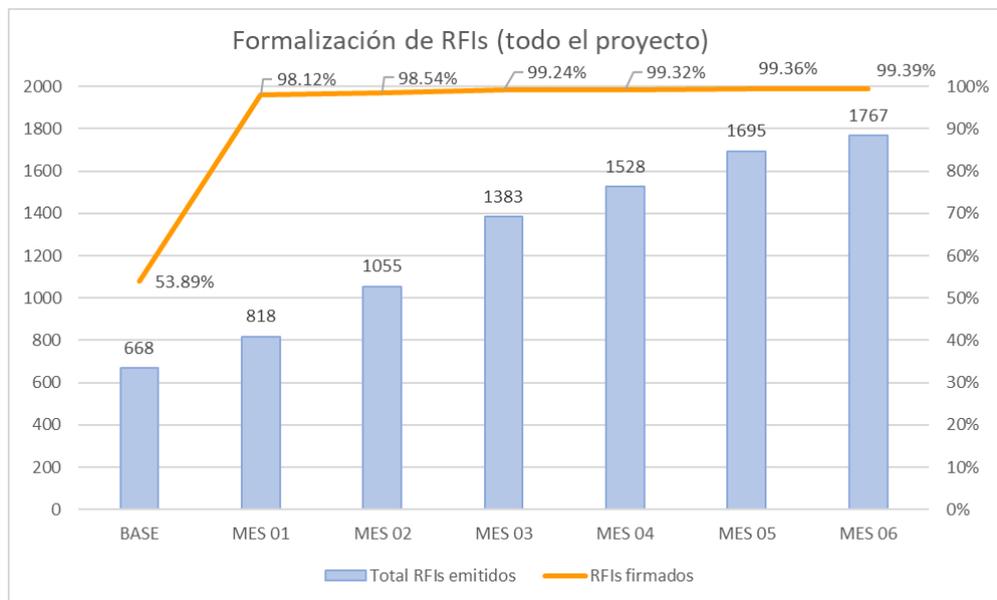


Gráfico N° 20: Formalización de decisiones del total de RFIs

Fuente: Elaboración propia

El 0.61% pendiente de formalización corresponde a 3 RFIs que cuentan con dos respuestas, pero solo la respuesta superada estaría firmada, y a 6 RFIs respondidos pero que, por la fecha de emisión y respuesta, estarían superados.

### 6.6. MP-3: Cumplimiento del plan programado semanal de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento.

Como se puede observar en el

Tabla 30 y en el Gráfico N° 21, la segunda semana de octubre coincide con la semana de trabajo previa a la entrega del modelo actualizado con fecha de corte al 06 de octubre del 2020 y al ser un entregable importante hacia el cliente, algunas tareas del plan semanal fueron postergadas para poder cumplir con dicha entrega.

En la siguiente semana, la recarga de trabajo fue mayor porque debíamos cumplir con la entrega atrasada de la semana previa, así como con el trabajo de la semana en curso y por ello el porcentaje de cumplimiento fue de 41.2%. En la subsiguiente semana se pudo nivelar el trabajo, logrando un 70.6% de cumplimiento.

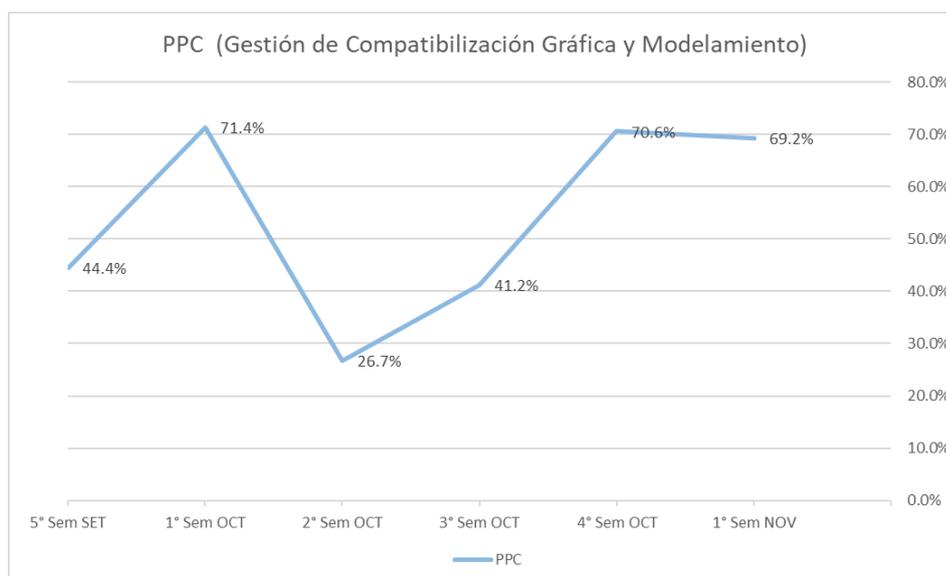


Gráfico N° 21: MP-3: Cumplimiento del plan programado

Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Registro semanal del PPC

		META	5° Sem SET	1° Sem OCT	2° Sem OCT	3° Sem OCT	4° Sem OCT	1° Sem NOV	PROMEDIO
MP-3	PPC	100%	44.4%	71.4%	26.7%	41.2%	70.6%	69.2%	53.9%
FP-4	Sem. Programada	100%	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100.0%

Fuente: Elaboración propia

Si obviamos los resultados de esas dos semanas que se vieron afectadas por la entrega del modelo con corte al 06 de octubre del 2020 (segunda y tercera semana de octubre), vemos que el cumplimiento del plan es – relativamente - constante y alrededor del 70%, sin embargo, la meta planteada era lograr el cumplimiento de por lo menos el 85%.

En el factor controlable FP-4 se explicó que la medición y programación semanal de las actividades de la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento se inició en la última semana de setiembre hasta la primera semana de noviembre, que fueron las semanas de mayor carga de trabajo por la entrega del modelo. En la primera semana de medición obtuvimos 44% de cumplimiento, la cual mejoró a 71.4% en la segunda semana gracias a la reorganización del trabajo y proceso interno.

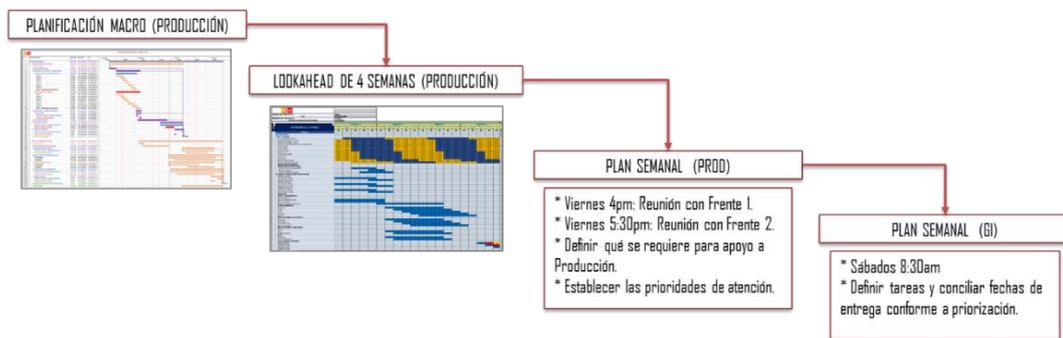


Figura N° 43: Esquema para la planificación semanal de actividades

Fuente: Elaboración propia

La priorización de las actividades del equipo de modeladores en función de los planes semanales y lookahead de producción mostrados en la Figura N° 43 dio buenos resultados. Sin embargo, debíamos revisar con mayor detenimiento los motivos por los cuales no lográbamos la meta de 85%. Una de las causas fue que la planificación se realizaba considerando una sesión ICE a la semana, sin embargo, hubo semanas en las que se programaron dos sesiones ICE. Cabe mencionar que cada sesión ICE consume un

promedio de 2.5 horas además del tiempo de preparación previo y gestión de seguimiento posterior. Si bien se podía limitar la cantidad de sesiones ICE a realizar en la semana, preferimos no restringir la cantidad de sesiones ya que dependía de la cantidad de RFIs críticos a revisar en la semana.

Otra causa fue que la cantidad de información (planos modificados y respuestas de RFIs) por actualizar en el modelo difería entre un nivel y otro, por lo que la actualización del log de RFIs incluyendo la diferenciación de los RFIs por frente de trabajo (Hotel Intercontinental e Índigo) y por niveles podrían servir para estimar mejor la cantidad de información a actualizar en la programación semanal.

## CONCLUSIONES

1. En la etapa de trabajo previo a la implementación VDC se pudo observar la importancia de la integración de la información, sin la cual cada miembro del equipo (modeladores, diseñadores, cliente, obra) trabajaba de forma aislada, desconectada de las demás disciplinas. Todos en el equipo debían contar con la misma fuente de información para alimentar al modelo con data confiable y poder generar un proyecto integrado. De igual manera, el adecuado registro de la información era vital para obtener métricas que reflejen la situación real del proyecto, como es el caso de las respuestas de RFI.
2. Es importante contar con data confiable para obtener métricas que nos indiquen cómo vamos (a lo largo del proyecto) y no solo cómo llegamos (al término del proyecto). El análisis de los resultados de las métricas durante el proyecto nos ayudará a reducir la variabilidad en nuestros procesos. Las métricas nos ayudan a tomar decisiones por lo que es importante la transparencia y compartir los resultados con el equipo.
3. Establecer el proceso de trabajo interno nos ayudó a dimensionar adecuada y oportunamente, los recursos necesarios para el trabajo.

### Componente ICE:

4. Debido a la pandemia (covid-19) hubo que adaptar en poco tiempo las condiciones y planes de trabajo para minimizar el riesgo de contagio. En el plan de trabajo propuesto inicialmente para la Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento del proyecto, las sesiones ICE eran presenciales y con todo el equipo reunido en *Big Rooms* para trabajar de manera conjunta soluciones integradas a las incompatibilidades detectadas. Sin embargo, la adecuación por la pandemia implicó un gran cambio en la dinámica de las sesiones migrando a plataformas virtuales y descartando los *big rooms*. Como consecuencia, los recursos que hubiesen sido necesarios para implementar el Big Room pueden ser redirigidos para hacer mayor uso de la tecnología y mejorar las plataformas tecnológicas.

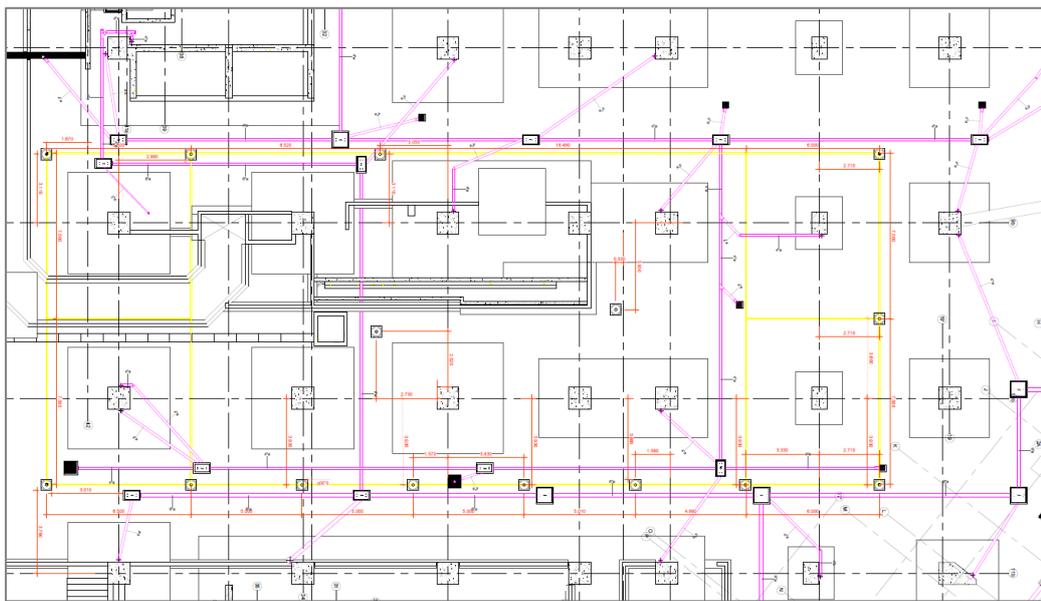
5. Una ventaja de realizar las sesiones ICE de forma virtual es que puede participar un mayor número de personas al no tener limitaciones físicas de espacio, horario y traslados, dando la oportunidad de llevar a cabo reuniones integradoras con todos los miembros del equipo.
  
6. La falta de participación y comunicación directa con los diseñadores afectó la efectividad de las sesiones ICE (MI-1) y el tiempo de respuesta de las consultas (MP-1) como se puede observar en los resultados de las métricas de producción. Convencer a los involucrados de adoptar una nueva metodología de trabajo es el mayor reto ya que implica un cambio en las personas que requiere del compromiso de todos para contrarrestar la resistencia a cambiar el esquema de trabajo al que están acostumbrados.
  
7. Es importante establecer quiénes son las personas de cada empresa con capacidad y autoridad para tomar decisiones, y así evitar confusión en las indicaciones y retrabajos.  
  
En el proyecto se modelaron las indicaciones recibidas por parte de la supervisión, pero posteriormente algunas indicaciones fueron desestimadas y anuladas por orden de un representante del propietario, lo que derivó en retrabajos en el modelo.
  
8. La necesidad de sensibilizar a los integrantes del papel que cada uno tiene en el equipo del proyecto, así como de las interrelaciones entre ellos y los diseños (*Integrated Systems*) y de cómo el modelo puede ayudar en la evaluación de soluciones integrales entre los diferentes sistemas.

#### Componente BIM:

9. Las nuevas condiciones de trabajo forzaron a que todos en el proyecto se adapten a nuevas tecnologías y a la búsqueda de herramientas que faciliten el trabajo, no solo con el uso del modelo sino también en el uso de plataformas para comunicarse (como Zoom, Teams, Meet, entre otros), para compartir información (como Google Drive) y para organizar las tareas (como TRELLO, MIRO, entre otros).

La integración de la información es base del trabajo colaborativo y por ello es importante definir los protocolos para el almacenamiento, para compartir la información y los canales oficiales.

10. El modelo se convirtió en una herramienta de apoyo para el equipo de producción, con el exportado de planos de zonas o niveles compatibilizados, como el plano de redes enterradas mostrado en la Figura N° 44.



*Figura N° 44: Plano de redes enterradas exportado del modelo 3D.*

Los planos recibidos no estaban compatibilizados entre sí y ello generaba confusión en el equipo de campo quienes debían revisar los planos vigentes además de los más de 1,800 RFIs para poder ejecutar la obra. Esta confusión y desorden se extendía también a la supervisión, quienes en ocasiones no tienen claro qué indicaciones eran las vigentes y la prelación de la información.

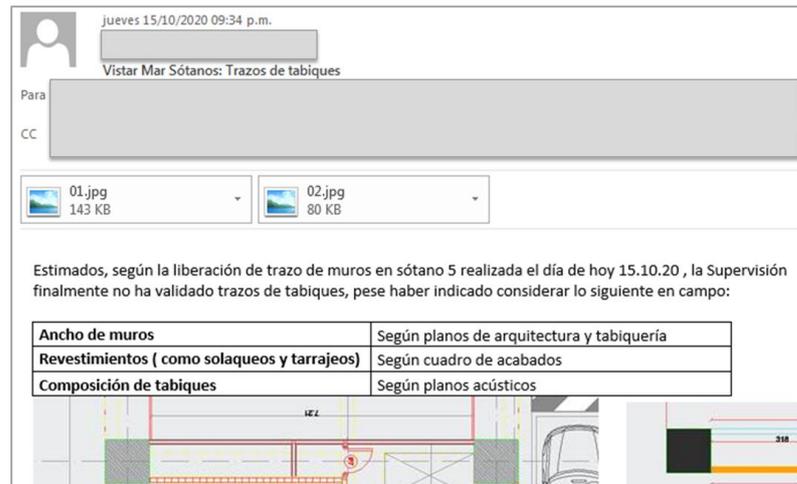


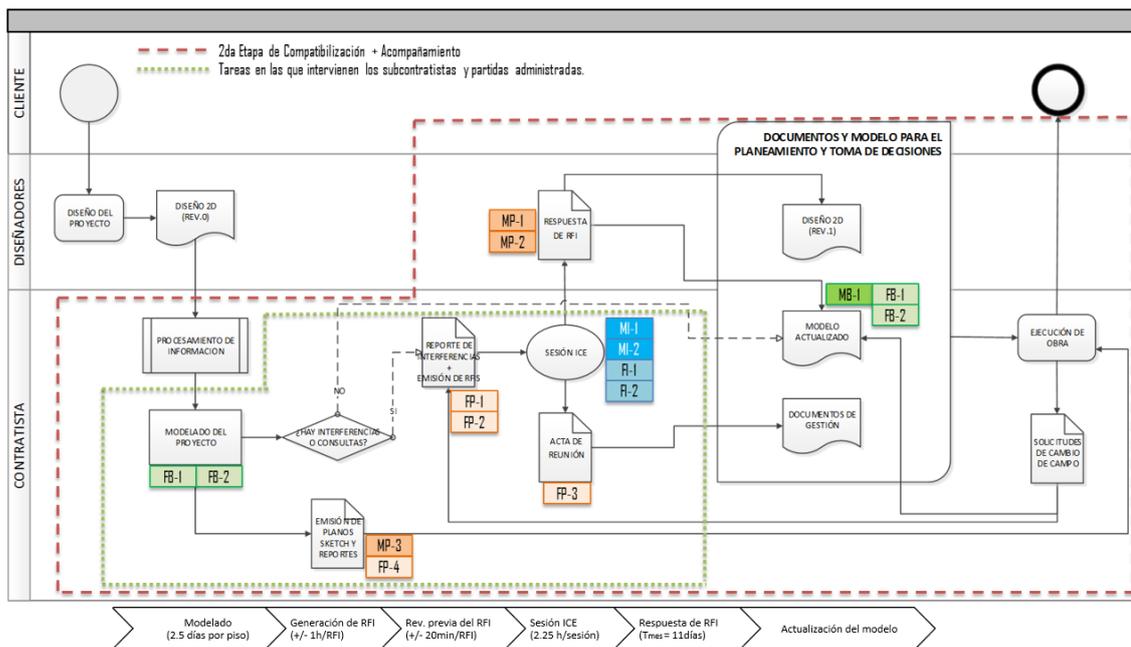
Figura N° 45: Extracto de correo con las indicaciones para la liberación en campo

11. El uso del modelo 3D por parte de los subcontratistas para revisar las interferencias asociadas a sus disciplinas fue aumentando e incluso, solicitaron que se les compartiera los archivos nativos para que puedan realizar sus cambios. El problema con ello es que se tendría diferentes versiones del modelo circulando en la obra, cada uno con soluciones diferentes según la disciplina. Es por ello que, teniendo en cuenta que el alcance contractual de los subcontratistas indica que ellos deben resolver las incompatibilidades, sumado a que el acompañamiento de la Gestión de Ingeniería durante la ejecución de la obra es un costo que no estaba previsto, se ha propuesto a todos los subcontratistas la alternativa de contratar de manera conjunta una plataforma para el uso compartido de un único modelo al cual todos puedan acceder con la posibilidad de que sea manejada por el mismo equipo que venía desarrollando el modelo dado que ya están familiarizados con el proyecto, conocen los motivos detrás de las decisiones tomadas y continuarían con la dinámica de trabajo establecida (registro, sesiones ICE y métricas).

La propuesta planteada de trabajar de manera colaborativa en un único modelo abierto para todos ofrece grandes ventajas y fue aceptado - hasta cierto punto - por los subcontratistas, sin embargo, la resistencia y posible rechazo se debe a que se trataría de un costo adicional que no tenían previsto y por el cual no podrían cobrar un adicional, al tratarse de una herramienta para el cumplimiento de la obligación contractual de solucionar las interferencias.

Componente PPM:

12. Comprender el propósito de cada acción: La generación de los RFIs con las incompatibilidades detectadas es una responsabilidad contractual, sin embargo, el propósito de su emisión es alertar oportunamente de dicha interferencia y procurar su solución antes de que afecte a la ruta crítica del proyecto. Es por ello, que se tomaron acciones para facilitar el entendimiento de quien recibe la consulta y puedan brindar respuestas oportunas.
  
13. En la Figura N° 46 se muestra el proceso actualizado basado en la metodología VDC con métricas, en donde – a pesar de la ausencia de comunicación directa con los diseñadores – se observa la interrelación con ellos y con los subcontratistas concentrada mayormente en las sesiones ICE, a diferencia del proceso simplificado mostrado en la Figura N° 18.



*Figura N° 46: Proceso basado en VDC con métricas*

*Fuente: Elaboración propia.*

14. Tener presente que los procesos pueden ser modificados a lo largo del proyecto, de tal manera de incorporar las tareas necesarias y reducir o eliminar las actividades que no agregan valor. El VDC es un método de gestión dinámico que se adapta a los

cambios que sufre el proyecto, sin perder de vista los objetivos del cliente y del proyecto.

15. Del análisis realizado a la métrica de producción MP-1, se determinó que el tiempo de respuesta requerido dependería en mayor medida de la urgencia o criticidad, en lugar de un plazo de respuesta estándar<sup>32</sup> para todas las consultas. Un ejemplo de ello sería la emisión de un RFI por una incompatibilidad de arquitectura en el nivel 20, cuando el equipo de obra se encuentra ejecutando las estructuras del nivel 2. En este ejemplo, responder las consultas de los pisos inferiores es más urgente que atender el RFI reportado del piso 20, por lo que es de esperar que el tiempo de respuesta de dicho RFI sea mayor.

En ese sentido, el planteamiento del cálculo del tiempo de latencia en función de la necesidad real de respuesta según el tren de trabajo de la obra sería lo más adecuado, sin embargo, establecer la fecha requerida real dependería de un cronograma de obra conciliado con los subcontratistas, considerando los tiempos de procura e importación, contratación, entre otros.

#### De las métricas

16. Establecer cuáles son los objetivos del cliente y del proyecto y las métricas a emplear para determinar qué información recolectar en lugar de realizar mediciones sin tener claro qué y para qué estamos midiendo. Las métricas son importantes para el seguimiento y control del avance del proyecto, pero requieren el compromiso de todo el equipo para que sean útiles y se tome acción sobre ellas. Caso contrario, el monitoreo y registro se convierten en actividades rutinarias que no agregan valor al proyecto.
17. Producto del análisis de los resultados de la métrica de producción de actualización del modelo (MB-1) y la efectividad de las sesiones ICE (MI-1), se determina que es necesario revisar el procedimiento interno de actualización del modelo puesto que se necesita que la recepción de respuestas sea más rápida y fluida, sin embargo, solo se ha actualizado el modelo con el 60.5% de respuestas por lo que, si logramos mejorar

---

<sup>32</sup> El tiempo de respuesta requerido en el formato de RFI es un tiempo estándar de 5, 10 o 15 días.

la efectividad de las sesiones ICE - actualmente de 50.8% - y reducir el periodo de latencia de las consultas realizadas, es posible que no se pueda realizar la actualización del modelo al mismo ritmo.

## RECOMENDACIONES

1. Establecer claramente los objetivos del proyecto, y las acciones concretas y medibles para lograrlos y dar visibilidad a los involucrados de los resultados cuantificables de esas acciones y tomar las acciones correctivas, de ser necesario.
2. Identificar en qué parte del proceso se encuentra el problema que queremos resolver y sobre ello, plantear las acciones (factores controlables) que aporten a su solución. Usualmente, al iniciar un proyecto, los equipos inician sus labores de manera casi automática y rutinaria; sin embargo, esta definición es vital para determinar qué acciones son las que agregan valor y cuáles deben modificarse para cumplir con los objetivos.
3. Comparar los resultados obtenidos de las métricas y factores controlables a través del tiempo, para asegurar el cumplimiento de los objetivos del proyecto y del cliente. Además, como parte del proceso de mejora continua, nos sirve para evaluar qué métricas dan resultados y no medir por el simple hecho de hacer mediciones. Similar a lo que ocurre con el modelo 3D, en la que debemos establecer qué modelar y qué tan desarrollado debe estar el modelo para cada disciplina o etapa del proyecto.
4. La importancia del involucramiento y participación activa del cliente, así como la definición temprana de la estrategia holística con la que se llevará a cabo el proyecto, para establecer claramente los objetivos del proyecto y del cliente, así como el flujo de trabajo.
5. Las condiciones contractuales de los subcontratistas diferían entre un subcontratista y otro o con las responsabilidades del contratista general. Ello, sumado a la falta de comunicación directa con los diseñadores en el proceso de Gestión de Compatibilización Gráfica y Modelamiento del proyecto, tuvieron un impacto en las metas planteadas para las métricas de producción y factores controlables, por ello es importante normar el marco colaborativo en las cláusulas contractuales, así como definir los roles y las responsabilidades del equipo de trabajo.

6. Tener paciencia y perseverancia en el esfuerzo por implementar formas distintas de trabajar y gestionar los proyectos, entender las personalidades y estilos de trabajo de las personas y que la resistencia al cambio es parte de la naturaleza humana. Una alternativa es realizar capacitaciones periódicas al equipo de trabajo.
  
7. Es importante definir cómo y para qué se va a usar VDC, así como definir el nivel de detalle requerido y las personas involucradas, en función de la etapa de desarrollo del proyecto, ya sea en la etapa de diseño, en la etapa de construcción, operación y mantenimiento. En la etapa de concurso, el cliente requería el uso del modelo para dar solución a las incompatibilidades del diseño, sin embargo, durante la ejecución de la obra el nivel de uso del modelo fue aumentando y el nivel de uso y desarrolló fue incrementando.

En DPR Construction<sup>33</sup> desarrollaron el esquema mostrado en la Figura N° 47 para definir 5 niveles de valor del BIM para los diferentes participantes y etapas del proyecto.

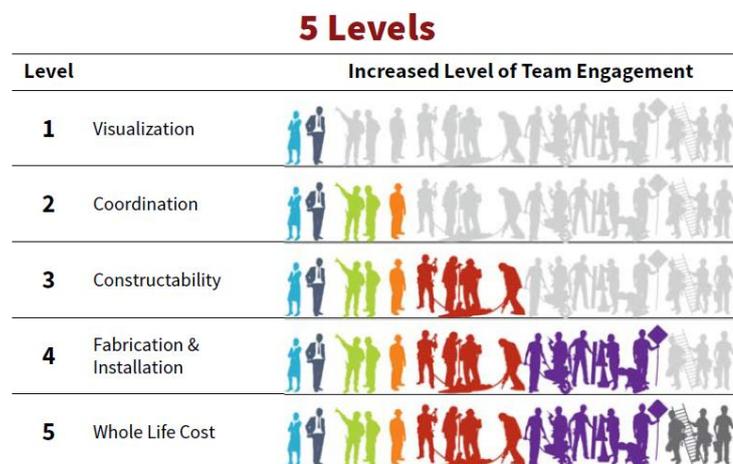


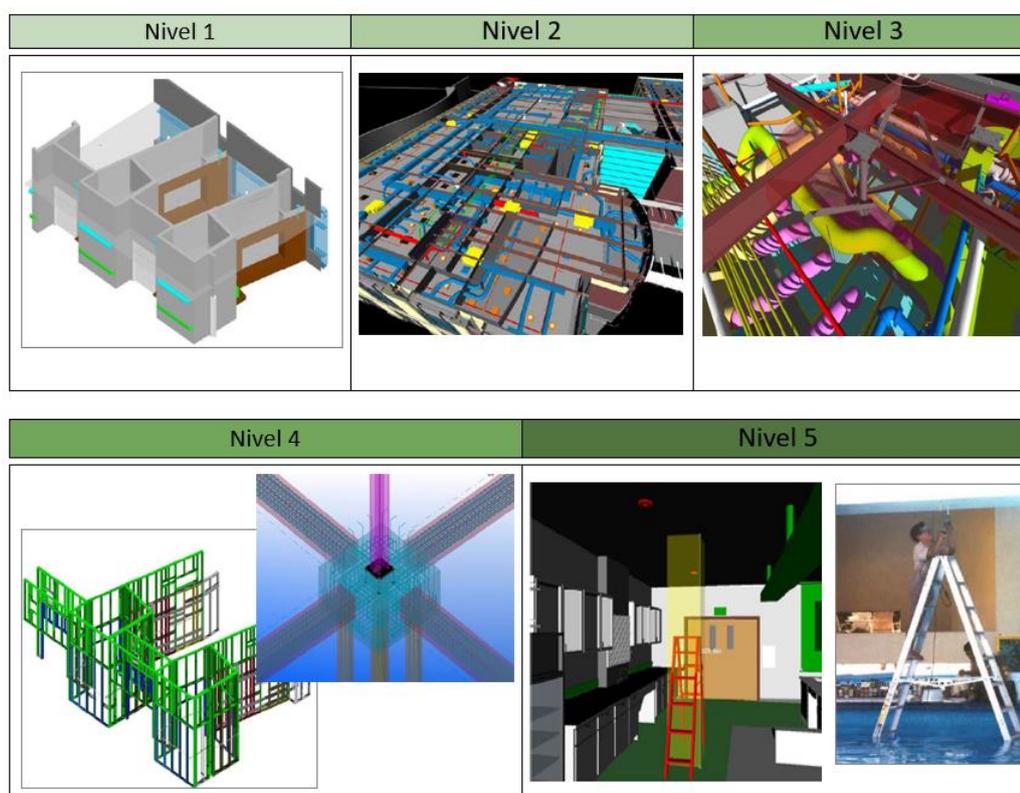
Figura N° 47: Cinco niveles de valor del BIM según DPR

Fuente: Extracto tomado de "Introducción a VDC"<sup>34</sup>

<sup>33</sup> Empresa de ingeniería y construcción líder en Virtual Design and Construction, especializada en proyectos complejos y sostenibles y clasificada entre los 50 principales contratistas generales en los Estados Unidos. <https://www.dpr.com>

<sup>34</sup> Extracto tomado y traducido de la presentación que el Dr. Martin Fischer presenta en sus conferencias, webinars y cursos sobre la Introducción al Virtual Design and Construction.

En el primer nivel, el uso del BIM es principalmente para la visualización del proyecto y usualmente involucra al arquitecto del proyecto, al propietario y en ocasiones a los usuarios finales. En el segundo nivel tenemos la coordinación en la que reunimos a los ingenieros de las demás disciplinas y al constructor del proyecto. En el tercer nivel incorporamos a los subcontratistas para aportar su conocimiento en términos de constructabilidad, en el cuarto nivel de fabricación e instalación tenemos al personal técnico y finalmente, en el quinto nivel se involucra a todos cuando evaluamos el costo de vida del proyecto. Como es de esperar, el nivel de detalle del modelo es mayor conforme aumenta de nivel de valor del BIM.



*Figura N° 48: Niveles de modelado (DPR)*

*Fuente: Extracto tomado de "Introducción a VDC"<sup>35</sup>*

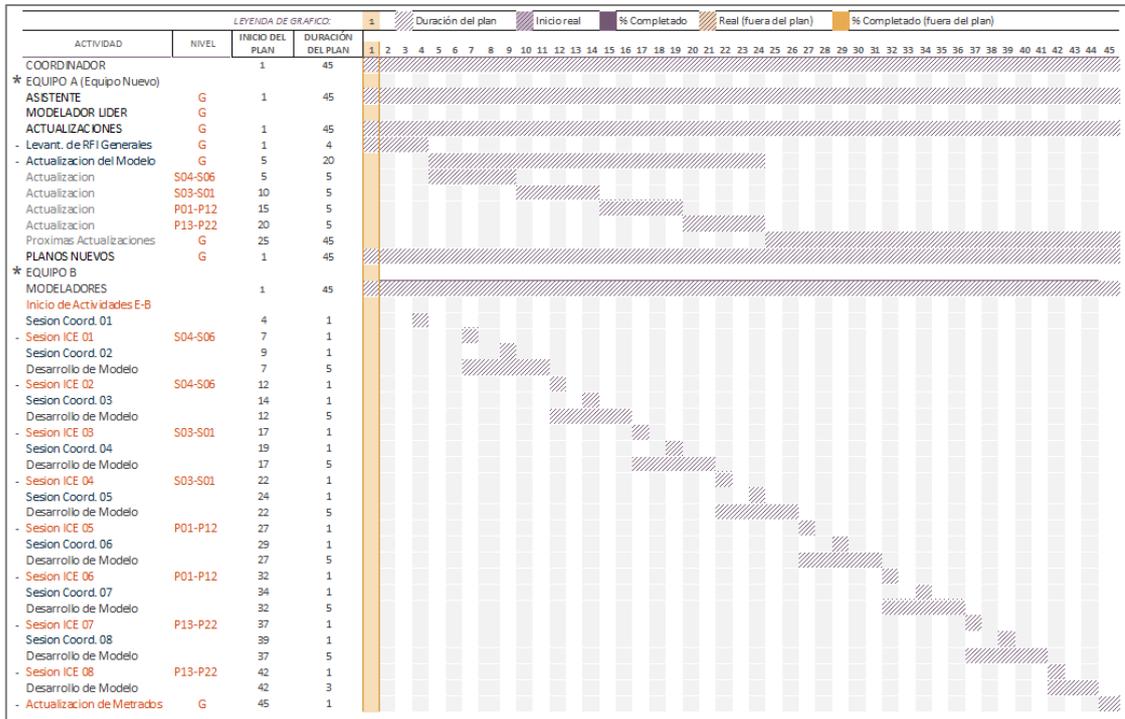
<sup>35</sup> Extracto tomado y traducido de la presentación que el Dr. Martin Fischer presenta en sus conferencias, webinars y cursos sobre la Introducción al Virtual Design and Construction.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

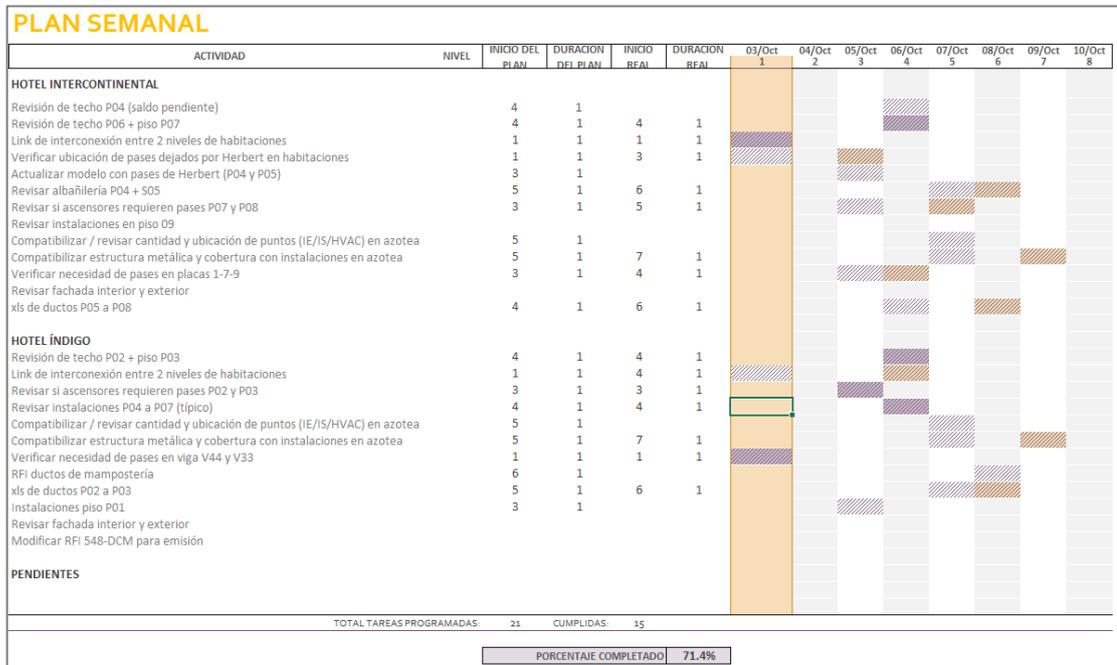
- FISCHER, M. & ASHCRAFT H. & REED, D. & KHANZODE, A. (2017) *Integrating Project Delivery*. John Wiley & Sons, Inc. New Jersey.
- PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE (2017) Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (Guía PMBOK). Project Management Institute, Pennsylvania.
- PORRAS, H. & SANCHEZ, o & GALVIS, J. (2014) *Filosofía Lean Construction para la gestión de proyectos de construcción: una revisión actual*.
- DORAN, G. (1981) *There´s a S.M.A.R.T. way to write management´s goals and objectives*. Management Review. Recuperado de <https://community.mis.temple.edu/mis0855002fall2015/files/2015/10/S.M.A.R.T-Way-Management-Review.pdf>
- MARK, G. (2001). *Extreme Collaboration*. Recuperado de <https://www.ics.uci.edu/~wscacchi/GameLab/Recommended%20Readings/extreme-collab-mark-cacm-Dec01.pdf>

# ANEXOS

Anexo 1: Plan de trabajo conciliado para el modelado y actualización del modelo.



Anexo 2: Seguimiento del plan semanal (1º semana de octubre)



Fuente: Elaboración propia

### Anexo 3: Extracto de un RFI revisado

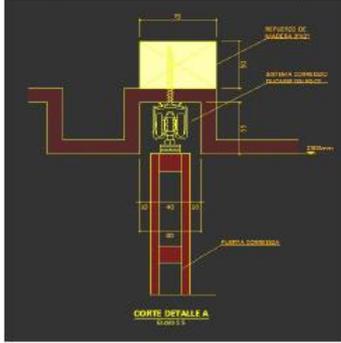
SOLICITUD DE INFORMACIÓN No.	1404
DISCIPLINA / ESPECIALIDAD:	DISEÑO DE INTERIORES
DOCUMENTOS REF.	03.PLANOS DE FABRICACIÓN MOB.20200921 M-PC 02 DE 02 - PUERTA CORREDIZA BAÑO

**DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN SOLICITADA / CONSULTA:**  
En las habitaciones del Hotel Intercontinental:  
Se observa que el refuerzo de madera para la instalación del riel superior de las puertas corredizas de los servicios higiénicos generan interferencia de 2cm con la viga estructural, sin contar la altura de la perfilera del FCR. (Habitación King y Queen) Así mismo, se observa la falta de un riel inferior para un correcto funcionamiento y falta detallar como será el anclaje de la madera.

**Se solicita:**  
1. Compatibilizar los planos de detalles de la puerta corrediza del baño con estructuras.  
2. Confirmar si la puerta corrediza llevará un riel inferior.

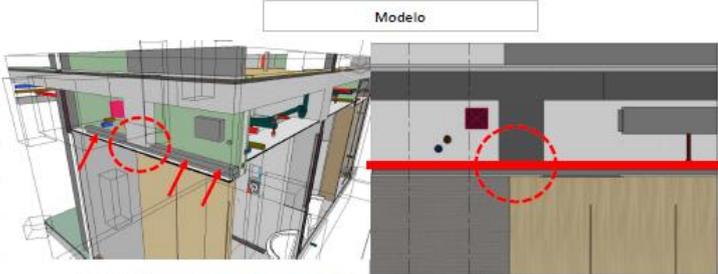
**ADJUNTOS:**

Planos de Interiorismo: Detalle de puerta corrediza de baño



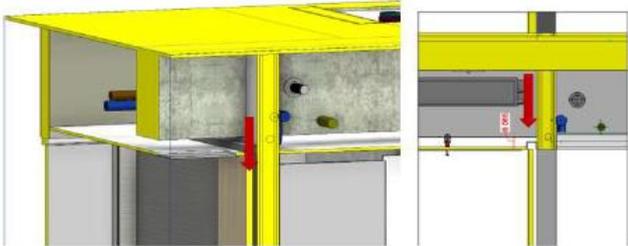
CORTE DETALLE A  
CUBI 13

Modelo

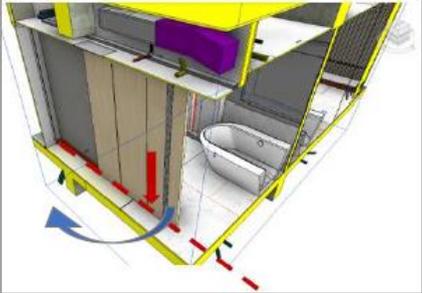




0.020



0.020



Anexo 4: Cuadro de mediciones de sesiones ICE

	Mes 01									Mes 02			
	Sem 1					Sem 2				Sem 3	Sem 5		Sem 6
	ICE 01	ICE 02	ICE 03	ICE 04	ICE 05	ICE 06	ICE 07	ICE 08	ICE 09	ICE 10	ICE 11	ICE 12	
Fecha de Sesión ICE:	21/07/2020	21/07/2020	23/07/2020	24/07/2020	24/07/2020	31/07/2020	31/07/2020	1/08/2020	7/08/2020	17/08/2020	18/08/2020	28/08/2020	
Hora inicio sesión:	10:00	16:20	10:35	10:20	03:10	10:20	03:15	10:00	03:06	09:00	09:15	10:00	
Hora fin sesión:	12:00	18:10	12:55	11:25	05:15	12:45	06:10	12:30	05:18	12:30	10:15	13:00	
Tiempo total:	02:00	01:50	02:20	01:05	02:05	02:25	02:55	02:30	02:12	03:30	01:00	03:00	
Tiempo promedio por RFI (min/RFI):	10.91	6.88	6.09	3.82	6.94	7.25	8.33	6.25	14.67	8.75	3.75	8.57	
Cant. consultas programadas:	10	16	32	16	19	17	36	24	8	21	15	23	
Cant. Consultas revisadas:	11	16	23	17	18	20	21	24	9	24	16	21	
Cant. consultas resueltas o con propuestas:	5	6	19	6	7	14	8	12	6	20	11	18	
Cant. RFIs firmados formalizados:	5	6	18	3	6	10	1	9	3	17	1	18	
% RFIs formalizados:	100.0%	100.0%	94.7%	50.0%	85.7%	71.4%	12.5%	75.0%	50.0%	85.0%	9.1%	100.0%	
% RFI revisado/programado	110.0%	100.0%	71.9%	106.3%	94.7%	117.6%	58.3%	100.0%	112.5%	114.3%	106.7%	91.3%	
% RFI resuelto o con propuesta/revisado	45.5%	37.5%	82.6%	35.3%	38.9%	70.0%	38.1%	50.0%	66.7%	83.3%	68.8%	85.7%	
Envío de agenda	20/07/2020	20/07/2020	20/07/2020	24/07/2020	24/07/2020	31/07/2020	31/07/2020		6/08/2020	14/08/2020	17/08/2020	27/08/2020	
Emisión de acta de reunión	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<b>ASISTENTES</b>	<b>ICE 01</b>	<b>ICE 02</b>	<b>ICE 03</b>	<b>ICE 04</b>	<b>ICE 05</b>	<b>ICE 06</b>	<b>ICE 07</b>	<b>ICE 08</b>	<b>ICE 09</b>	<b>ICE 10</b>	<b>ICE 11</b>	<b>ICE 12</b>	
Cliente	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	
Supervisión	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	
Campo Civil													
Campo Instalaciones					✓		✓		✓				
Oficina Técnica	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	
Subcontratista IE		✓			✓		✓		✓				
Subcontratista IS		✓			✓		✓		✓				
Subcontratista HVAC							✓		✓				
Subcontratista DyA							✗						
Subcontratista ACI				✓			✓		✗				
Subcontratista Gas				✓			✓						
Coordinador BIM EST	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
Coordinador BIM INST	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
Modeladores	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	

Fuente: Elaboración propia

	Mes 03					Mes 04						
	Sem 9			Sem 12		Sem 13		Sem 14		Sem 15	Sem 16	
	ICE 13	ICE 14	ICE 15	ICE 16	ICE 17	ICE 18	ICE 19	ICE 20	ICE 21	ICE 22	ICE 23	
Fecha de Sesión ICE:	14/09/2020	14/09/2020	16/09/2020	5/10/2020	6/10/2020	15/10/2020	16/10/2020	20/10/2020	23/10/2020	27/10/2020	5/11/2020	
Hora inicio sesión:	10:00	03:30	03:00	03:20	03:10	03:00	10:35	04:10	02:00	03:00	03:10	
Hora fin sesión:	13:00	05:30	04:00	05:30	07:10	05:00	12:15	06:10	06:10	05:30	05:40	
Tiempo total:	03:00	02:00	01:00	02:10	04:00	02:00	01:40	02:00	04:10	02:30	02:30	
Tiempo promedio por RFI (min/RFI):	90.00	30.00	60.00	10.83	10.00	5.22	100.00	60.00	125.00	75.00	21.43	
Cant. consultas programadas:	1	1	1	7	24	14	1	2	2	2	6	
Cant. Consultas revisadas:	2	4	1	12	24	23	1	2	2	2	7	
Cant. consultas resueltas o con propuestas:	2	2	1	7	9	8	1	2	2	2	5	
Cant. RFIs firmados formalizados:	1	1	0	6	9	1	0	0	0	0	5	
% RFIs formalizados:	50.0%	50.0%	0.0%	85.7%	100.0%	12.5%	0.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	
% RFI revisado/programado	200.0%	400.0%	100.0%	171.4%	100.0%	164.3%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	116.7%	
% RFI resuelto o con propuesta/revisado	100.0%	50.0%	100.0%	58.3%	37.5%	34.8%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	71.4%	
Envío de agenda	13/09/2020	13/09/2020	14/09/2020	5/10/2020	6/10/2020	14/10/2020	15/10/2020	20/10/2020	21/10/2020	27/10/2020	4/11/2020	
Emisión de acta de reunión	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<b>ASISTENTES</b>	<b>ICE 13</b>	<b>ICE 14</b>	<b>ICE 15</b>	<b>ICE 16</b>	<b>ICE 17</b>	<b>ICE 18</b>	<b>ICE 19</b>	<b>ICE 20</b>	<b>ICE 21</b>	<b>ICE 22</b>	<b>ICE 23</b>	
Cliente	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	
Supervisión	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	
Campo Civil												
Campo Instalaciones	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓		
Oficina Técnica	✓	✓				✓	✓					
Subcontratista IE					✓						✓	
Subcontratista IS					✓						✓	
Subcontratista HVAC							✓				✓	
Subcontratista DyA												
Subcontratista ACI												
Subcontratista Gas												
Coordinador BIM EST	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Coordinador BIM INST	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Modeladores	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

Fuente: Elaboración propia

	Mes 05							Mes 06						
	Sem 17	Sem 18	Sem 19	Sem 20			Sem 21			Sem 23				
	ICE 24	ICE 25	ICE 26	ICE 27	ICE 28	ICE 29	ICE 30	ICE 31	ICE 32	ICE 33	ICE 34	ICE 35	ICE 36	
Fecha de Sesión ICE:	9/11/2020	20/11/2020	27/11/2020	30/11/2020	1/12/2020	1/12/2020	2/12/2020	9/12/2020	11/12/2020	12/12/2020	21/12/2020	21/12/2020	26/12/2020	
Hora inicio sesión:	03:10	09:20	09:00	02:00	11:15	06:10	02:00	02:00	03:00	11:00	04:00	03:00	10:00	
Hora fin sesión:	05:35	10:45	12:00	04:00	12:30	08:30	04:50	04:30	05:00	12:30	06:00	04:40	12:30	
Tiempo total:	02:25	01:25	03:00	02:00	01:15	02:20	02:50	02:30	02:00	01:30	02:00	01:40	02:30	
Tiempo promedio por RFI (min/RFI):	5.58	2.02	18.00	60.00	75.00	140.00	12.14	75.00	120.00	90.00	5.45	11.11	150.00	
Cant. consultas programadas:	22	43	10	2	1	1	14	2	1	1	22	9	1	
Cant. Consultas revisadas:	26	42	10	2	1	1	14	2	1	1	22	9	1	
Cant. consultas resueltas o con propuestas:	5	21	2	0	0	0	1	0	0	1	10	3	0	
Cant. RFIs firmados formalizados:	5	21	2	0	0	0	1	0	0	0	4	3	0	
% RFIs formalizados:	100.0%	100.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	100.0%	0.0%	0.0%	0.0%	40.0%	100.0%	0.0%	
% RFI revisado/programado	118.2%	97.7%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
% RFI resuelto o con propuesta/revisado	19.2%	50.0%	20.0%	0.0%	0.0%	0.0%	7.1%	0.0%	0.0%	100.0%	45.5%	33.3%	0.0%	
Envío de agenda	7/11/2020	20/11/2020	26/11/2020	30/11/2020	1/12/2020	1/12/2020	2/12/2020	9/12/2020	10/12/2020	11/12/2020	21/12/2020	21/12/2020	24/12/2020	
Emisión de acta de reunión	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
<b>ASISTENTES</b>	<b>ICE 24</b>	<b>ICE 25</b>	<b>ICE 26</b>	<b>ICE 27</b>	<b>ICE 28</b>	<b>ICE 29</b>	<b>ICE 30</b>	<b>ICE 31</b>	<b>ICE 32</b>	<b>ICE 33</b>	<b>ICE 34</b>	<b>ICE 35</b>	<b>ICE 36</b>	
Cliente					✓	✓					✓			
Supervisión	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		
Campo Civil						✓					✓			
Campo Instalaciones			✓	✓			✓	✓	✓				✓	
Oficina Técnica	✓										✓			
Subcontratista IE	✓		✓	✓			✓	✓	✓			✗		
Subcontratista IS			✓	✓			✓	✓	✓			✓		
Subcontratista HVAC			✓	✓				✓	✓	✓			✓	
Subcontratista DyA				✓										
Subcontratista ACI				✓			✗	✗	✗			✗		
Subcontratista Gas														
Coordinador BIM EST	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
Coordinador BIM INST	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
Modeladores	✓		✓	✓			✓	✓	✓	✓		✓	✓	

Fuente: Elaboración propia