

2.^a edición

PROGRAMA INTERNACIONAL

VIRTUAL DESIGN & CONSTRUCTION

Presentación del Trabajo de Implementación VDC

Marzo a Diciembre de 2020

Un programa de:

Stanford
Center for
Professional
Development

En colaboración con:



**UNIVERSIDAD
DE LIMA**

VDC framework applied to the 'El Brocal mining unit' project

Alvaro Bazán Montalto

Practicante de Ing. Civil

Universidad de Lima

Mentor (es): Raúl Eyzaguirre y Danny Murguía



Stanford | Center for
Professional Development



UNIVERSIDAD
DE LIMA

Título: VDC framework applied to the ‘El Brocal mining unit’ project

Autor: Álvaro Bazán Montalto

Año de publicación: 2020

Resumen: La Unidad Minera ‘El Brocal’ ubicada en Cerro de Pasco, Perú quiere incrementar tu producción total de Cobre y reducir el tiempo de chancado. En ese sentido, este documento presenta la aplicación de la metodología VDC para la fase diseño detallado del proyecto. En consecuencia, se logró entregar el proyecto a tiempo con 3 facilidades para la operación y mantenimiento (Grúa, Faja N°8 y electroimán). Integrar a los principales actores como el área usuaria, O&M, diseñador de ingeniería y diversas áreas de proyectos rompiendo la brecha geográfica (España, Cerro de Pasco, Lima). Emplear un modelo que permita la simulación constructiva e inclusión de parámetros de información no gráfica. Crear un sistema de producción que permita una interacción fluida entre los diversos actores y reducir las mayores fuentes de variabilidad.

Palabras clave: VDC, ICE, BIM, PPM, Unidad Minera, Parada de Planta

Nota: Presentación realizada como parte del Programa VDC 2020 del Stanford Center for Professional Development en colaboración con la Universidad de Lima.

Índice

1. Resumen del Proyecto
2. Resumen de la Implementación VDC
3. Descripción detallada de la aplicación VDC
4. Relación entre las métricas y factores controlables de la aplicación VDC
5. Resultados de las métricas y factores controlables ICE
6. Resultados de las métricas y factores controlables BIM
7. Resultados de las métricas y factores controlables PPM
8. Proceso final basado en VDC con métricas
9. Conclusiones y Reflexiones
10. Recomendaciones para otros proyectos
11. Conclusión Final

Resumen del Proyecto

- La Unidad Minera “El Brocal” de Cobre se encuentra en Cerro de Pasco, Perú. Debido a la naturaleza de operación permanente de las unidades mineras, las mejoras o mantenimiento de equipos se realizan durante paradas de planta programados y con tiempos muy ajustados para no comprometer la producción. Con el fin de aumentar la producción y reducir el tiempo de chancado, el cliente desea reemplazar la chancadora primaria y tolva de gruesos por unas de mayor capacidad en los plazos y costos estipulados. En la presente implementación se presentan los resultados del desarrollo de la metodología VDC en dicho proyecto.



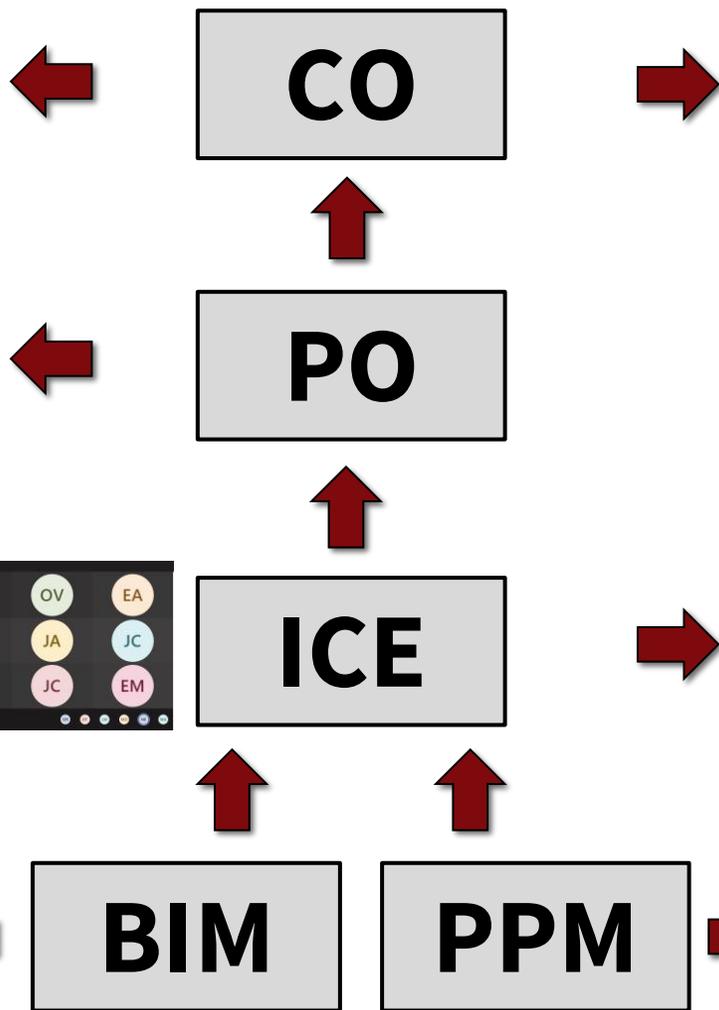
Resumen de la Implementación VDC

Importancia del CO para el Cliente

- Garantizar la sostenibilidad de la operación de la planta en las nuevas condiciones requeridas de Chancado

- Entregar un proyecto con facilidades para el mantenimiento, sin defectos constructivos e interferencias físicas.
- Cumplir el plazo de entrega de la ingeniería del proyecto del remplazo de la chancadora y tolva de gruesos.

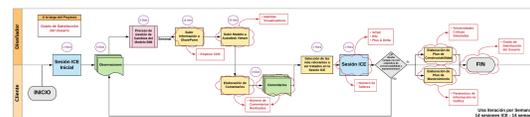
- Desarrollar un Modelo integrado que facilite la etapa de mantenimiento y permita solucionar interferencias físicas y defectos constructivos en etapas tempranas.
- Realizar simulaciones constructivas en actividades críticas.



- Aumentar la producción de 9,000 TPD a 11,000 TPD
- Disminuir el tiempo de chancado de 22 horas a 16 horas

- Facilitar el acercamiento de los principales actores (Internos y Externos) del proyecto garantizando la entrega de la ingeniería con facilidades para el mantenimiento a tiempo, sin interferencias físicas ni defectos constructivos.

- Identificar el proceso de diseño actual.
- Proponer opciones de mejora del proceso de diseño actual reduciendo la variabilidad en las entregas



©2020

Descripción detallada de a aplicación VDC

ICE	Objetivo (OICE)	Métrica	Meta
Métricas de Producción	Facilitar el acercamiento de los principales actores (Internos y Externos) del proyecto garantizando la entrega de la ingeniería con facilidades para el mantenimiento a tiempo, sin interferencias físicas ni defectos constructivos.	<i>Grado de Satisfacción (0 a 5)</i>	$\%GS \geq 80\%$
		<i>Asistencia de Invitados</i>	$\%Asis \geq 70\%$
		<i>Duración de la Sesión</i>	$T_{Real} \leq 60 \text{ min}$
		<i>Tecnología Utilizada (DOC, CAD, BIM)</i>	<i>BIM</i>
		Rendimiento de Sol. Interferencias $RSI = \frac{\#NIS}{Tiempo}$	$RSI \geq 1$
Factores Controlables	Incluir + & - en las Sesiones ICE	Realización del + & -	Si
	<ul style="list-style-type: none"> Sesión ICE semanal 		

Descripción detallada de a aplicación VDC

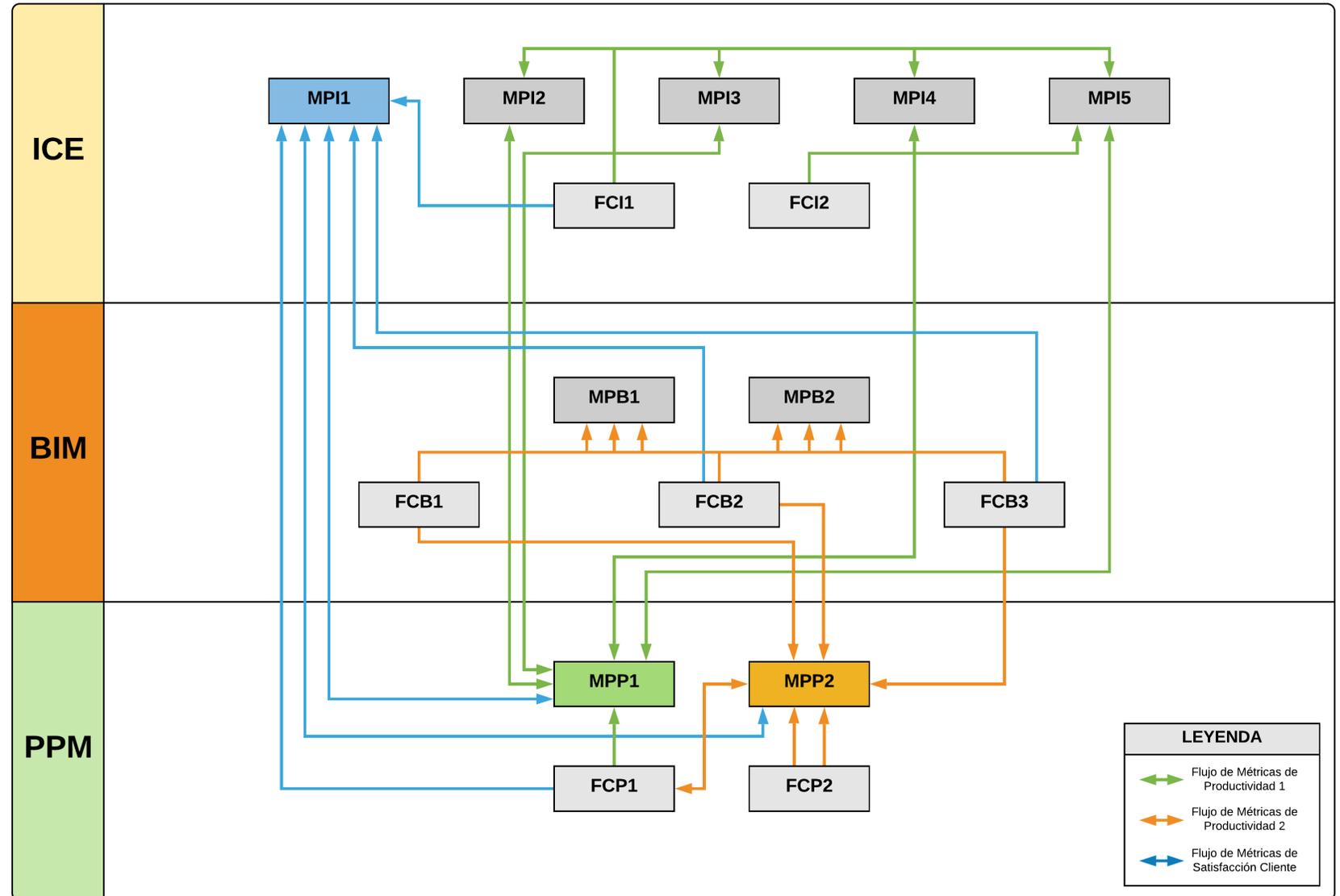
BIM	Objetivo (OBIM)	Métrica	Meta
Métricas de Producción	<ul style="list-style-type: none"> Permitir un diseño integrado que facilite solucionar interferencias físicas e defectos constructivos en etapas tempranas. Realizar simulaciones constructivas de actividades críticas 	<i>LOD por Especialidad (Actual)</i>	<i>Variable</i>
		<i>% de Actividades críticas simuladas</i> $\%ACS = \frac{\#AC_{sim}}{\#AC_T}$	$\%ACS = 100\%$
Factores Controlables	Incluir información de los equipos instalados con un enfoque de mantenimiento.	Parámetros de información no gráfica en la Chancadora	$\overline{PNG} \geq 5$
	<ul style="list-style-type: none"> Utilizar un CDE para gestionar la Información del Proyecto Habilitar visualizadores del modelo BIM para todos los stakeholders principales. 		

Descripción detallada de a aplicación VDC

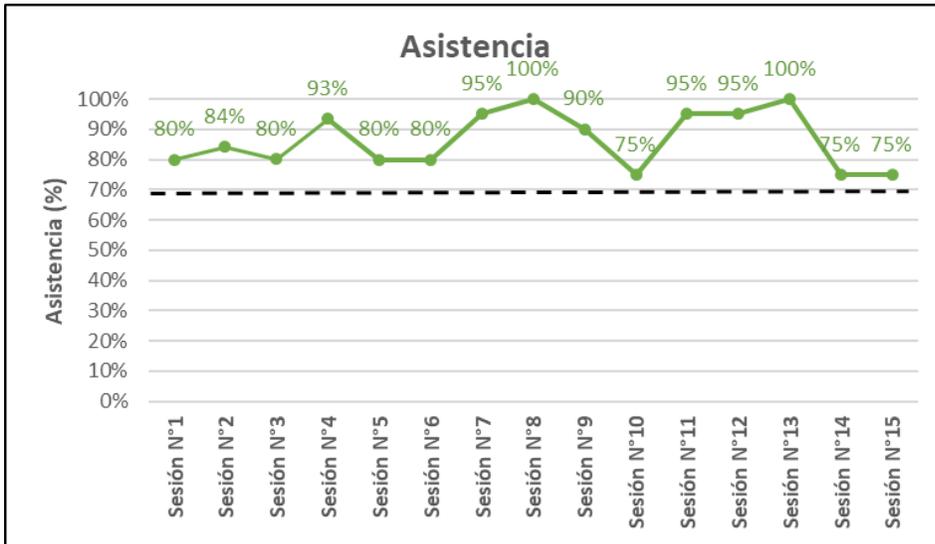
PPM	Objetivo (OPPM)	Métrica	Meta
Métricas de Producción	Proponer opciones de mejora del proceso de diseño actual reduciendo la variabilidad en las entregas	$TAC = \frac{\#Temas\ Agen.\ Cumplidos}{\#Temas\ Agen.\ Totales}$	$TAC \geq 80\%$
		# Comentarios Realizados	$\#CR \geq 3$
Factores Controlables	Realizar talleres de capacitación del equipo de trabajo en BIM, ICE, PPM	# de Talleres	$\#Talleres \geq 2$
	<ul style="list-style-type: none"> Realizar reuniones con el equipo de Mantto y el Área Usuaría para elaborar los comentarios 		

Relación de las métricas y factores controlables de la aplicación VDC

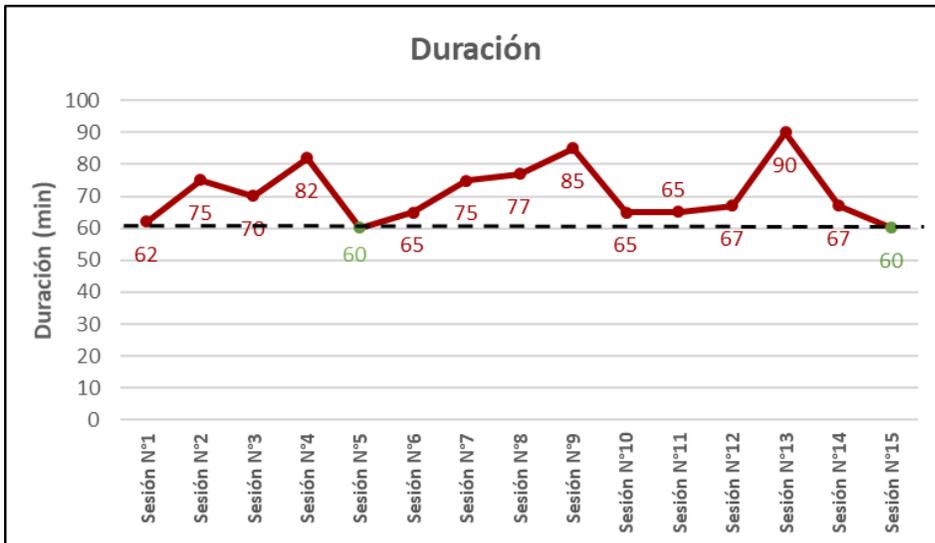
Código	Métrica
MPI1	Grado de Satisfacción
MPI2	Asistencia
MPI3	Duración
MPI4	Tecnología Utilizada
MPI5	Rendimiento Sol. Interferencias
FCI1	Realización + & -
FCI2	Sesión ICE Semanal
MPB1	LOD por especialidad(Actual)
MPB2	% Actividades Críticas Sim.
FCB1	Inf. Compartida del Proyecto
FCB2	Parámetros Info. no gráfica Chancadora
FCB3	Acceso a visualizador
MPP1	TAC
MPP2	#Comentarios Realizados
FCP1	# Talleres
FCP2	Reuniones de Mantto y Usuario



Resultados de las métricas y factores controlables ICE

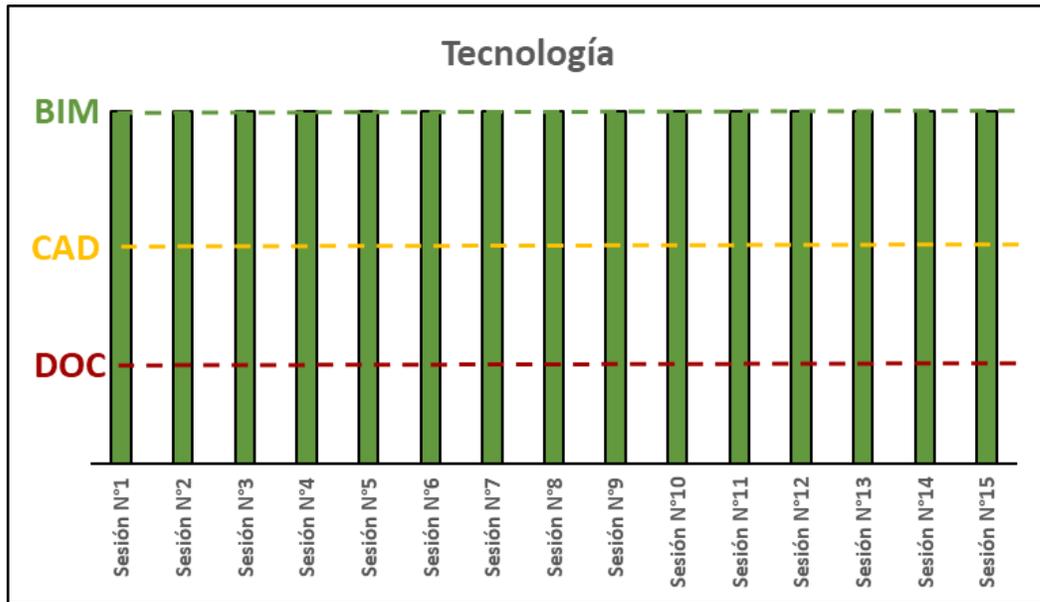


- En relación a esta métrica, se mantuvo una asistencia relativamente constante en la reunión y por encima de la meta; por ende, no se ha tomado alguna medida significativa.
- La Asistencia de los convocados a la reunión.



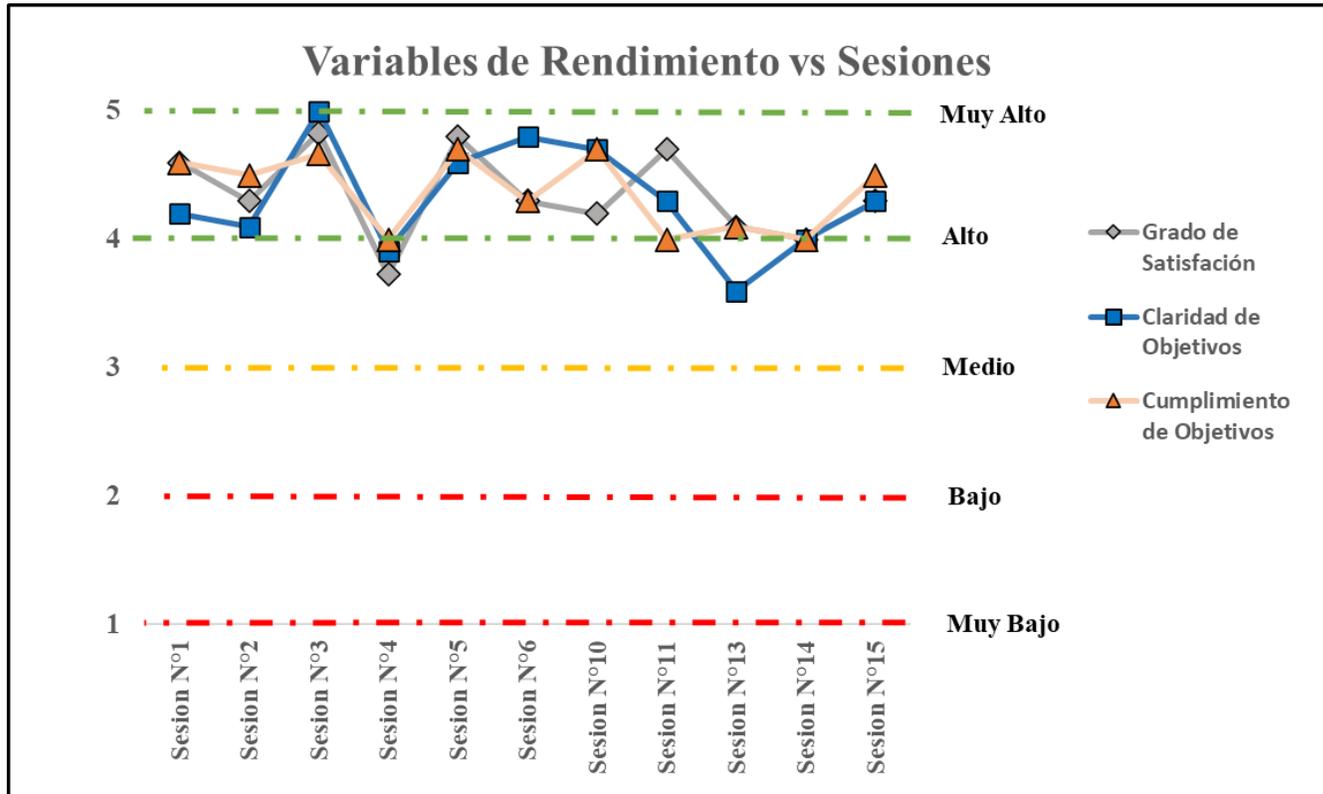
- Últimamente, la reunión se ha excedido en la duración. En respuesta a ello se ha sugerido agregar a la agenda duración de los ítems a tratar. Sin embargo, parece no estar teniendo un resultado significativo. Actualmente, se están evaluando alternativas para mejorar el rendimiento de esta métrica.
- La duración de la reunión en minutos.

Resultados de las métricas y factores controlables ICE



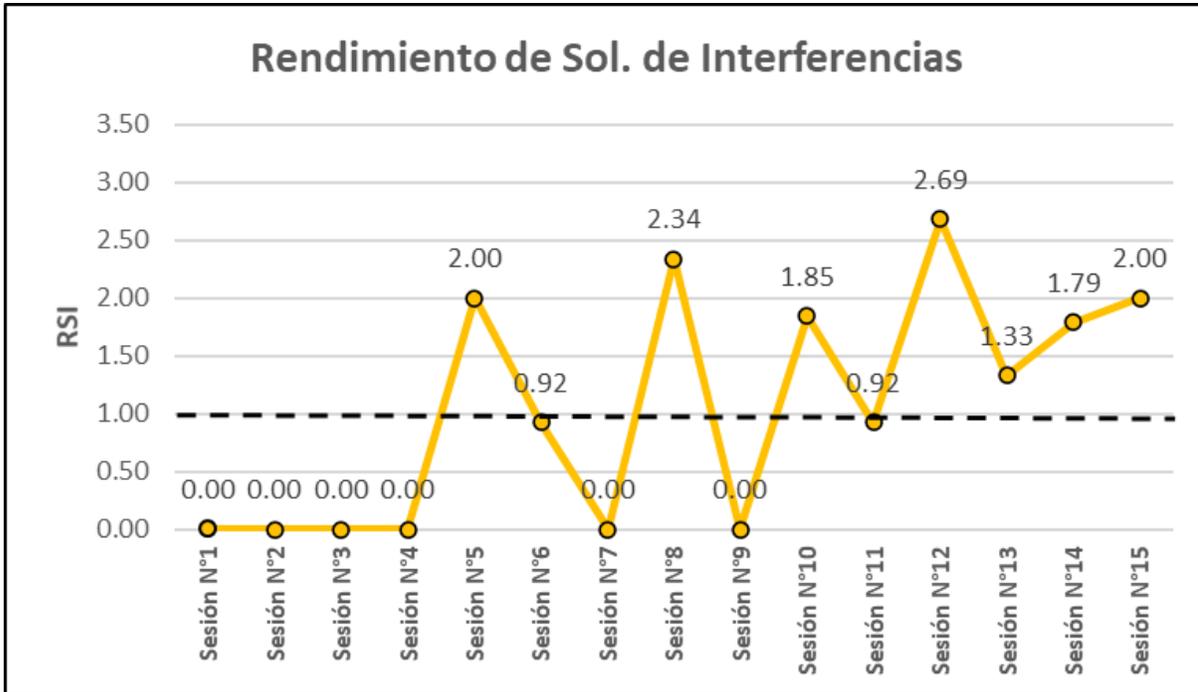
- Durante las sesiones se ha empleado el modelo BIM continuamente, ello nos ha permitido identificar oportunidades de mejora al diseño e incluir atributos que no estaban siendo considerados en un principio. La Tecnología aplicada durante la reunión.

Resultados de las métricas y factores controlables ICE



- **Se tiene una perspectiva bastante positiva sobre las reuniones y la aplicación en general como se puede apreciar en la gráfica.**
- Métricas obtenidas por la aplicación “Menti” y miden de la percepción de claridad y cumplimiento de los objetivos de la sesión; además, el grado de satisfacción de la reunión por parte de los asistentes.

Resultados de las métricas y factores controlables ICE



- Hemos actualizado la métrica para incluir las interferencias resueltas con un enfoque de mantenimiento. Dentro de ellas se resalta la inclusión de una grúa puente, el análisis de la faja 8 y la aprobación del sistema electroimán para retirar los inchables de la faja (Ver siguientes diapositivas para mayor detalle)
- El RSI compara la cantidad de interferencias, problemas de constructibilidad y operación resueltos en una hora de Sesión ICE

Intervenciones Aceptadas/ Evaluación/ Postergadas con enfoque de Operación y Mantenimiento

Aceptadas

- Grúa Puente de 5ton
- Reemplazo de la Faja N°8
- Electroimán y separador de Metales para Inchables

En evaluación

- Canales para drenar el agua de lluvia

Proyecto a Mediano o Largo Plazo

- Ampliación del Volumen en Tolva de Gruesos
- Cambio del Apron Feeder
- Optimización del Flujo de Chancado (Directo de primario a secundario)

Intervenciones Aceptadas con enfoque de Operación y Mantenimiento N°1

Grúa Puente en la Zona exterior de la Chancadora

Facilitar el cambio de elementos de hasta 5 ton

Versatilidad para descarga de materiales para su retiro en camiones.

El trabajo se hace manualmente y agregarlo implica una optimización de Horas hombre significativa.

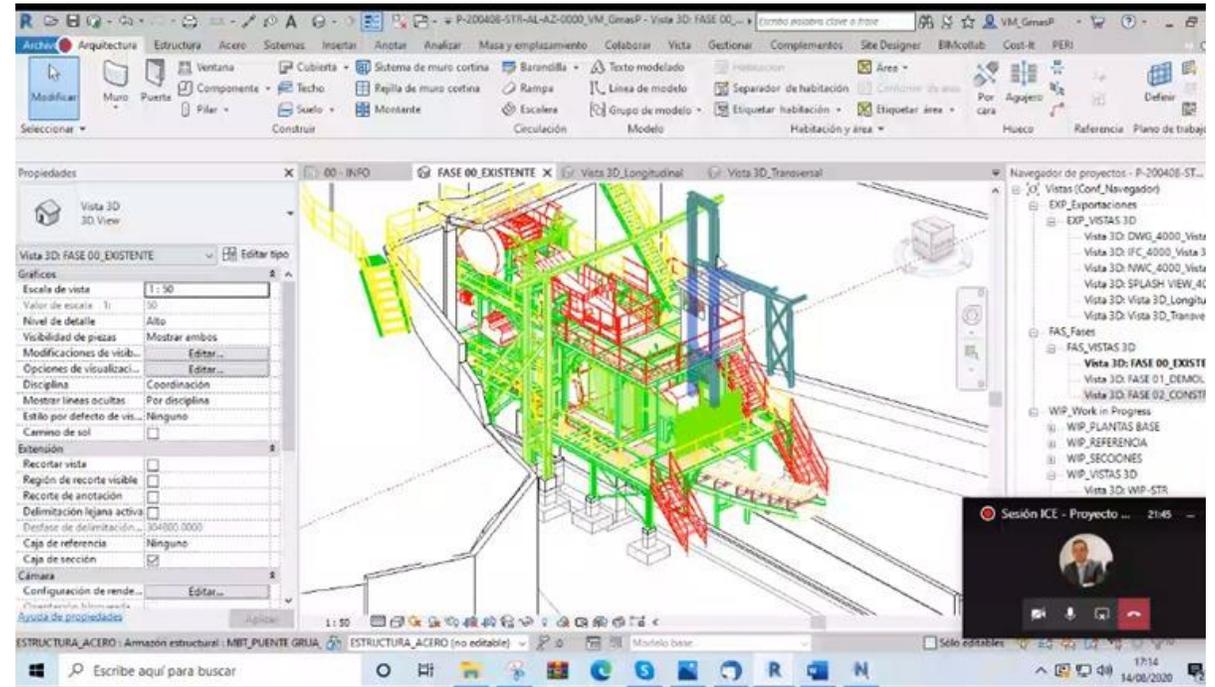


Intervenciones Aceptadas con enfoque de Operación y Mantenimiento N°2

Reemplazo de la Faja N°8

Convertir la faja en de sacrificio (Más lenta, inclinada, con mayor sección y menor longitud) para que se desgaste más pero permita cambiarse mucho más velozmente.

Su principal problema son los inchancables. Actualmente, se fractura con una periodicidad que no es concebible por el equipo.

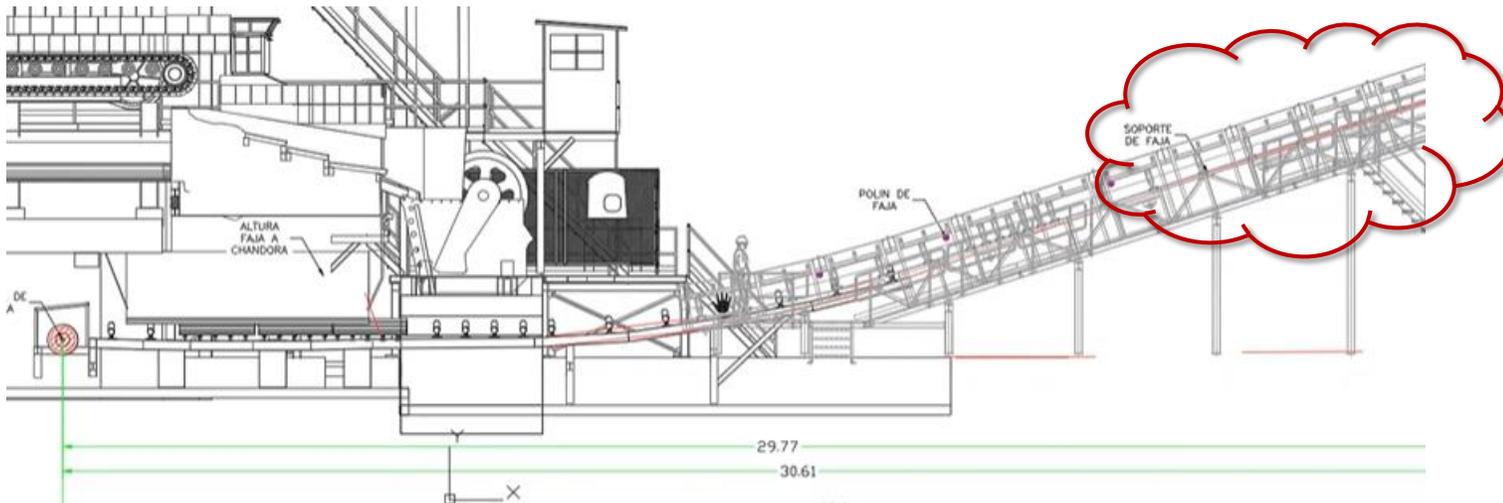


Intervenciones Aceptadas con enfoque de Operación y Mantenimiento N°3

**Colocación de Electroimán o
separador de Inchancables**

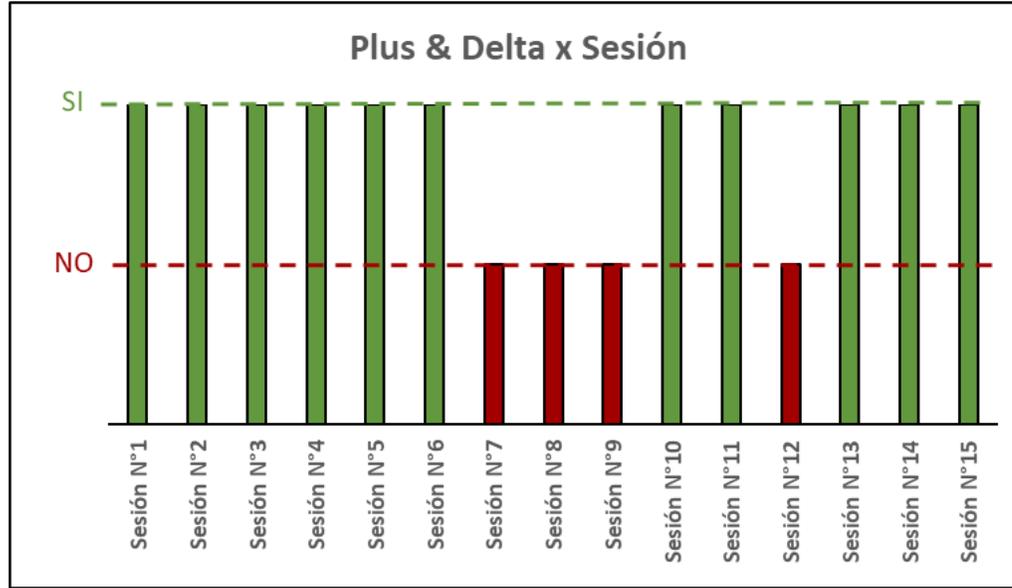


**Colocar un electroimán o
separador de inchancables en la
parte final de la faja N°8 para
poder retirar los inchancables y
no rompan la faja.**



Resultados de las métricas y factores controlables ICE

FCI2



- La dinámica está permitiendo mejorar las reuniones considerablemente.
- La aplicación de la dinámica Plus & Delta en la reunión ICE

FCI1



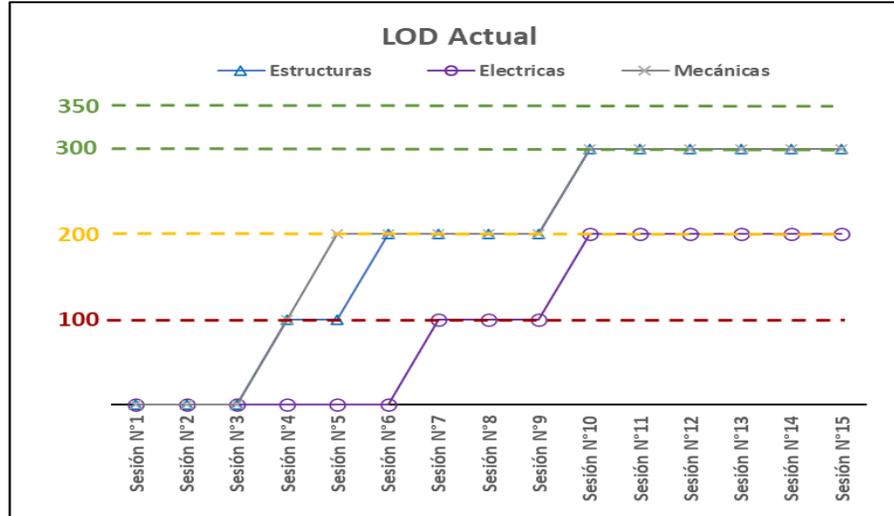
SESIÓN ICE SEMANAL



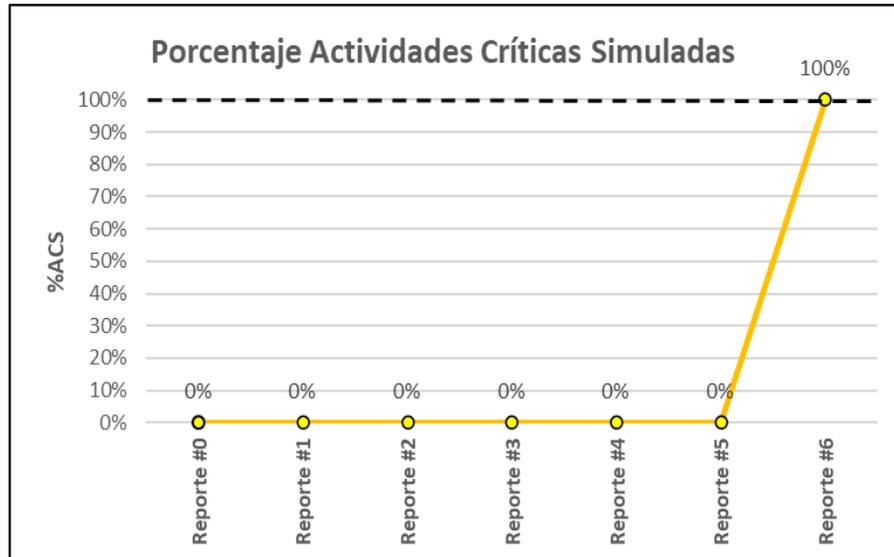
- Se ha pactado con el diseñador de ingeniería las reuniones ICE semanales según BEP. Un total de 14 Sesiones
- La Frecuencia de las sesiones ICE

Nº	Fase de Proyecto	Reunión	Convocante	Fecha	Hora
1	FASE PRELIMINAR	Reunión PRE-ICE	SMEB	19/07/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
2	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 1	SMEB	26/07/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
3	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 2	SMEB	03/07/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
4	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 3	SMEB	10/07/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
5	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 4	SMEB	17/07/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
6	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 5	SMEB	24/07/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
7	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 6	SMEB	31/07/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
8	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 7	SMEB	07/08/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
9	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 8	SMEB	14/08/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
10	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 9	SMEB	21/08/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
11	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 10	SMEB	28/08/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
12	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 11	SMEB	04/09/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
13	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 12	SMEB	11/09/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
14	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 13	SMEB	18/09/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)
15	FASE DISEÑO	Reunión ICE nº 14	SMEB	25/09/2020	10:00h (Perú) 17:00h (España)

Resultados de las métricas y factores controlables BIM

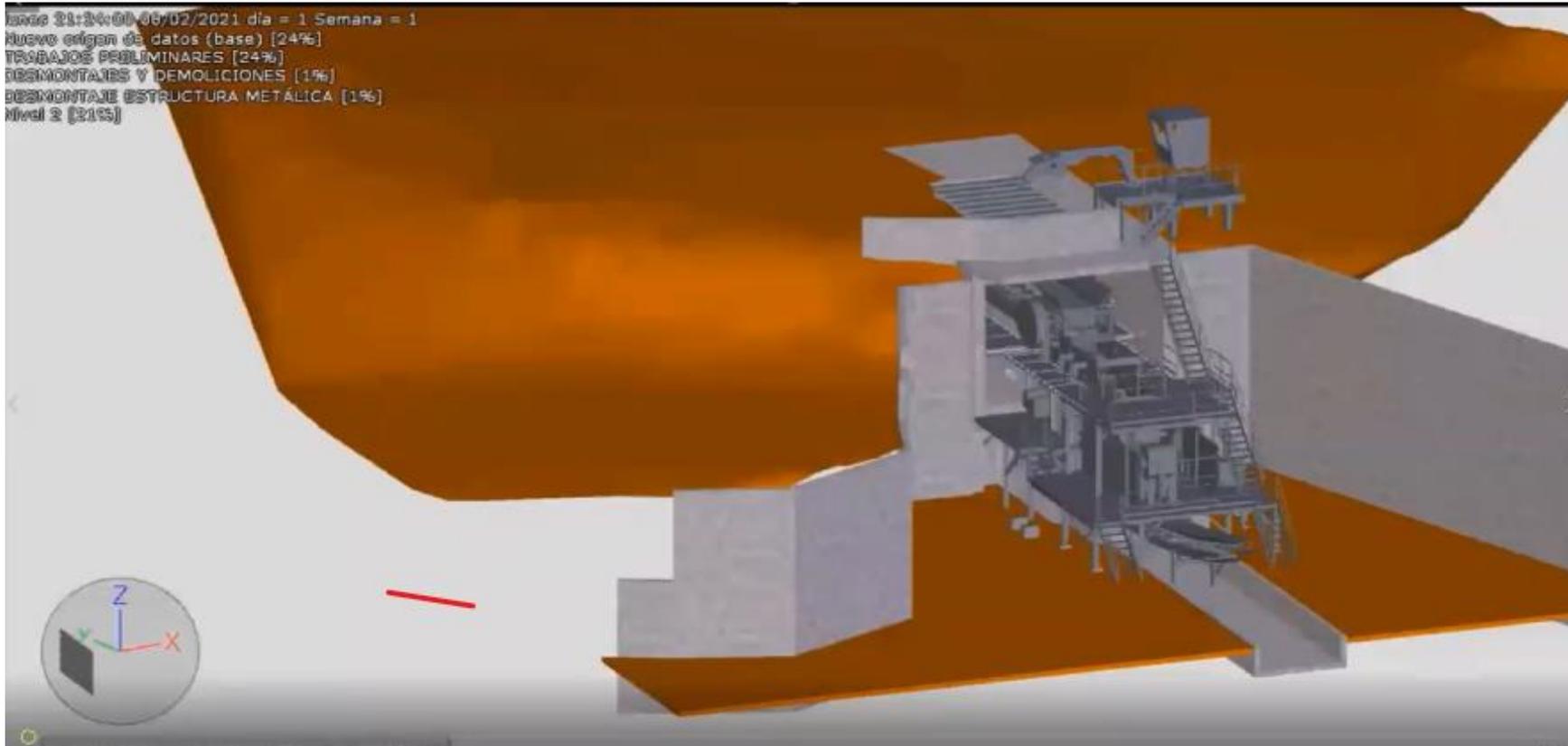


- Actualmente, se ha terminado de modelar los detalles en la estructura y la instalaciones mecánicas y eléctricas. Todas se encuentran en el LOD que se propuso como alcance dentro del BEP.
- LOD por especialidad del Modelo BIM por reunión.



- Se identificó los 4 procesos necesarios para la construcción (Desmontaje, Construcción de la Cimentación, Montaje y Estructuras Complementarias). Se ha desarrollado una simulación macro.
- Porcentaje de actividades designadas como críticas por el equipo simuladas en 4D.

Resultados de las métricas y factores controlables BIM

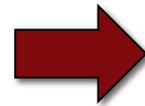


[BIM 4D | Proyecto](#)

Resultados de las métricas y factores controlables BIM

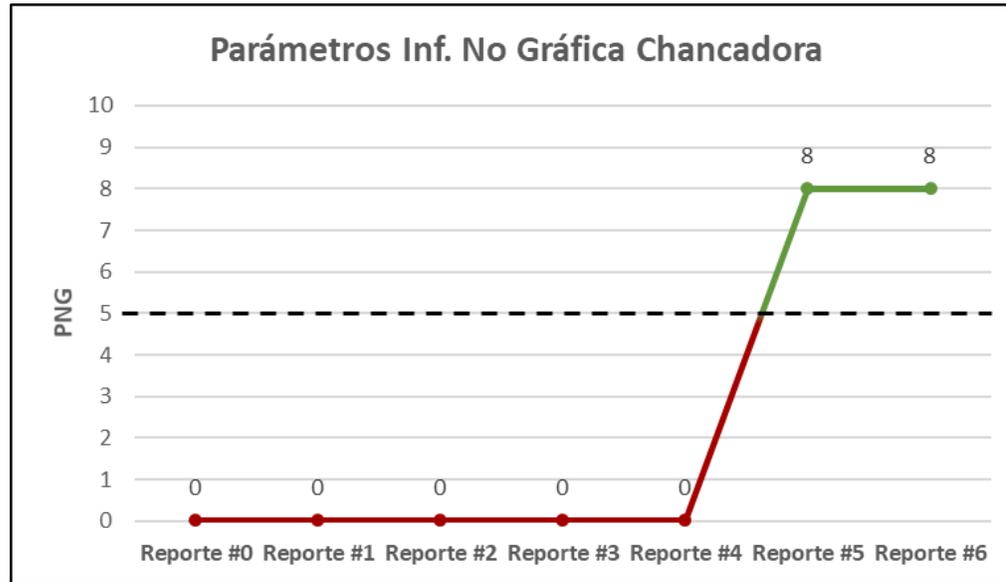
Posición de la Grúa para el Montaje de la Chancadora

Se evaluaron varias propuestas para la colocación de la grúa, siendo la ganadora en la parte inferior a pesar que es relativamente estrecho.



Resultados de las métricas y factores controlables BIM

FCB2



- Impulsado por el taller de creación de parámetros para las áreas de operación y mantenimiento se iniciaron con la creación de parámetros que incluyen la información disponible de la chancadora (Ver siguiente diapositiva).
- Cantidad de Información no gráfica en el modelo de la Chancadora

FCB1



INFORMACIÓN COMPARTIDA

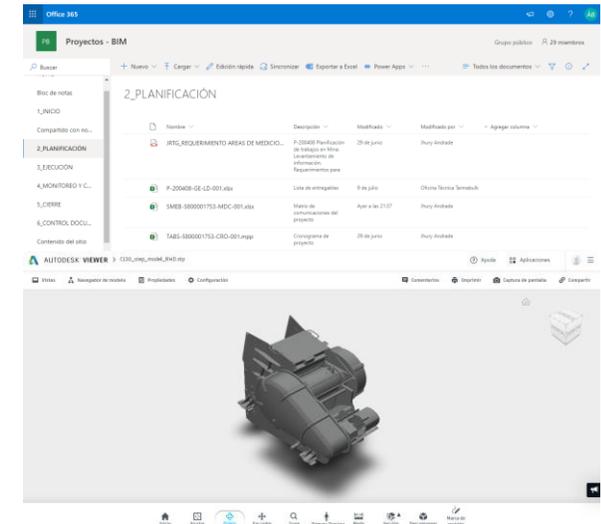
FCB3



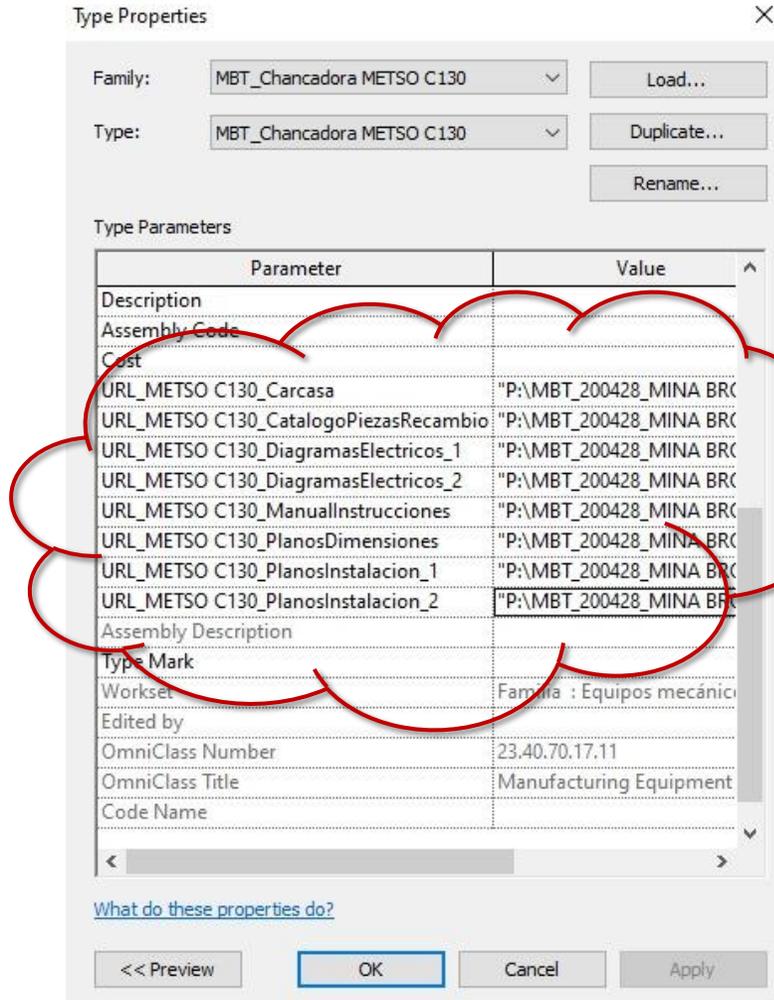
ACCESO AL VISUALIZADOR



- Se ha habilitado Sharepoint para el proyecto; además, se ha coordinado con el equipo de diseño fecha de actualización de la información y la respectiva subida a Autodesk Viewer para elaboración de comentarios



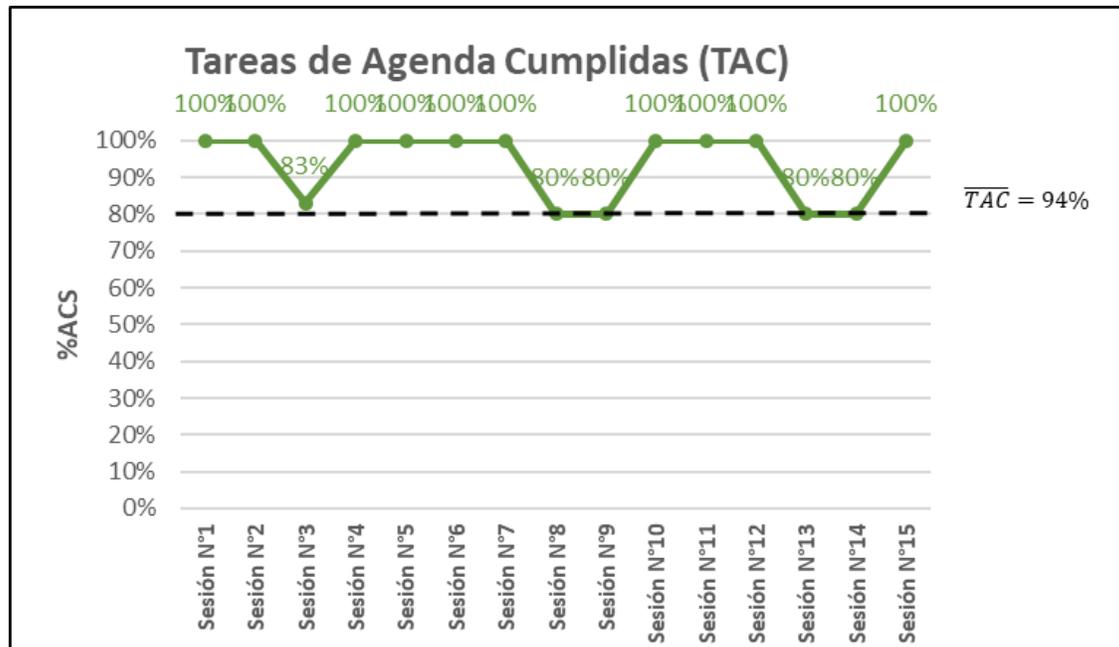
Resultados de las métricas y factores controlables BIM



Parámetros de Información no Gráfica

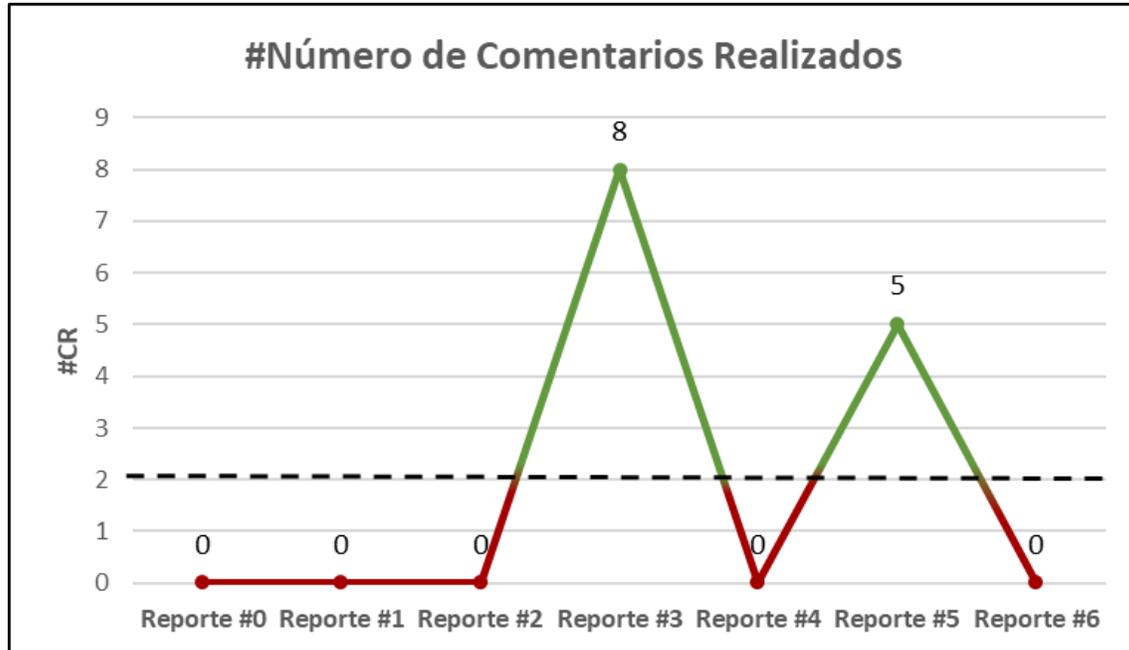
Documentación anexa en el modelo BIM son planos, detalles, manuales, etc. Que facilitan la organización de la información y la centralizan.

Resultados de las métricas y factores controlables PPM



- Como se observa, en principio hemos cumplido con los puntos pautados en las sesiones, obteniendo un TAC promedio de 94%.
- El TAC mide la proporción de la agenda cumplida en las sesiones ICE.

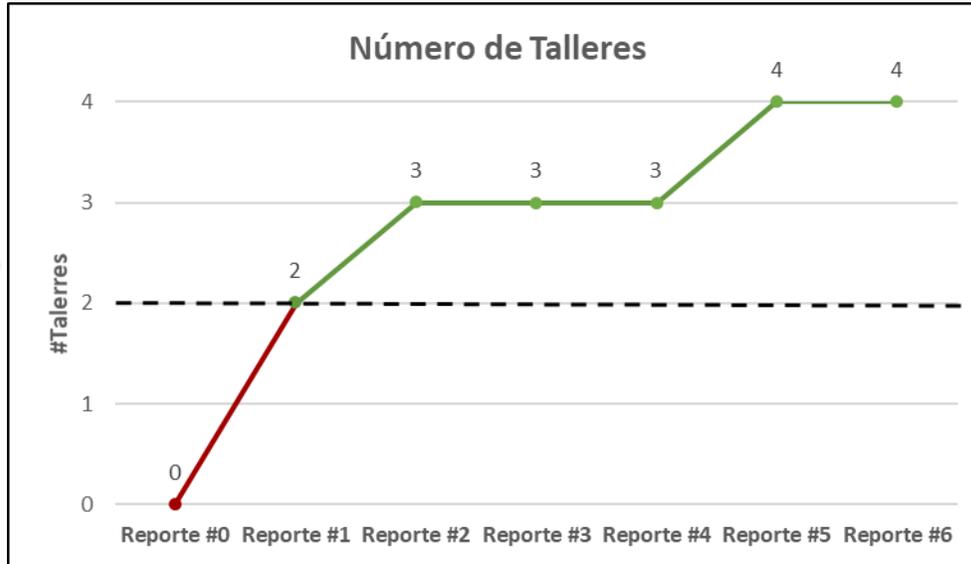
Resultados de las métricas y factores controlables PPM



- En este reporte no se han desarrollado comentarios porque los mismos ya han sido realizados en fechas posteriores y continuamente estamos incluyendo a los miembros del área de mantenimiento en las sesiones ICE; por ende, los comentarios los están desarrollando directamente de forma oral. Se esta evaluando la necesidad de esta métrica a lo largo del tiempo.
- El Numero de comentarios realizados en el modelo mida la cantidad de comentarios y observaciones realizados al diseño por parte de las distintas áreas mediante el visualizador.

Resultados de las métricas y factores controlables PPM

FCP1



- Los talleres han tenido gran acogida y son un medio eficiente de generar compromiso con el equipo de trabajo; además, genera un clima de crecimiento y ayuda en el trabajo. El último se centro en la creación de parámetros para los equipos en los elementos BIM (Enfoque de Mantto).
- Cantidad de Talleres de capacitación brindados a el equipo de trabajo

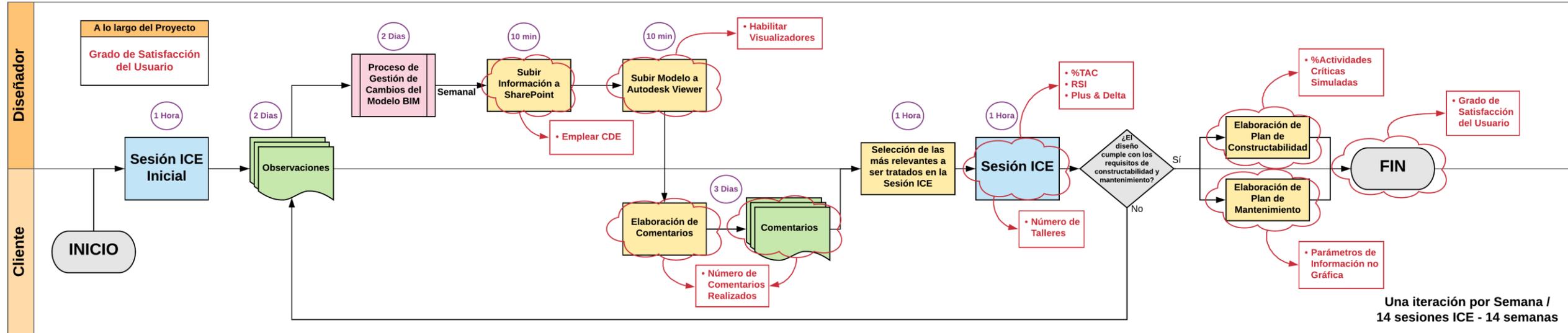
FCP2

FRECUENCIA DE LAS SESIONES ICE DE PROCESOS

- Se ha pactado con el diseñador realizar una reunión para desarrollar y validar el proceso de retroalimentación del diseño, ahí se conversará sobre la frecuencia de las sesiones de procesos
- La Frecuencia de las sesiones ICE enfocadas en procesos.

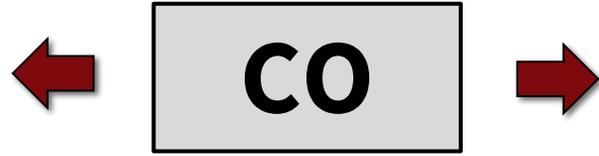
Proceso final basado en VDC con métricas

Subtítulo



Conclusiones y Reflexiones

- Aumentar la producción de 9,000 TPD a 11,000 TPD
- Disminuir el tiempo de chancado de 22 horas a 16 horas



- El requerimiento del aumento de la producción cumplió con la inclusión del nuevo circuito de tolva -chancadora - Faja N°8; no obstante, el tiempo de chancado fue dejado de lado en la implementación por solicitud del cliente.



Conclusiones y Reflexiones

- Entregar un proyecto con facilidades para el mantenimiento, sin defectos constructivos e interferencias físicas.
- Cumplir el plazo de entrega de la ingeniería del proyecto del remplazo de la chancadora y tolva de gruesos.



- Se entregó el diseño del proyecto con las facilidades para el mantenimiento como la grúa, electroimanes, parámetros de información no gráfica, etc. Con respecto a la parte constructiva, se desarrolló una simulación 4D y se incluyó al constructor para evaluar propuestas de mejora y optimizar el proceso de construcción.
- En lo que concierne al plazo, se estipuló y cumplió el hito de entrega de la ingeniería del proyecto para el 16/11/2020.

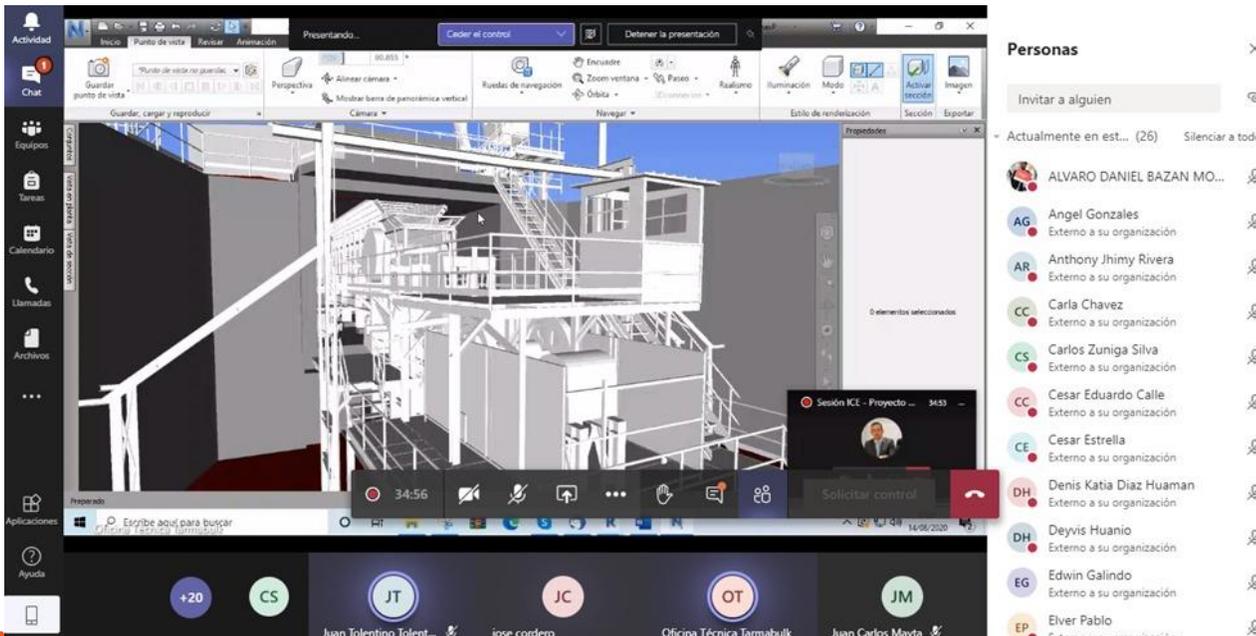


Conclusiones y Reflexiones

- Facilitar el acercamiento de los principales actores (Internos y Externos) del proyecto garantizando la entrega de la ingeniería con facilidades para el mantenimiento a tiempo, sin interferencias físicas ni defectos constructivos.



- Se logró integrar a los distintos actores del proyecto mediante sesiones ICE virtuales (Cliente, área de operación y mantenimiento de la unidad minera, proyectos lima, diseñadores, proveedores, etc.). Dicho factor permitió la interconexión de miembros de distintos países y regiones (España, Perú, Lima y Cerro de Pasco). Además, generamos las facilidades para el mantenimiento y se resolvieron las interferencias físicas y constructivas con el involucramiento de los diversos actores del proyecto.

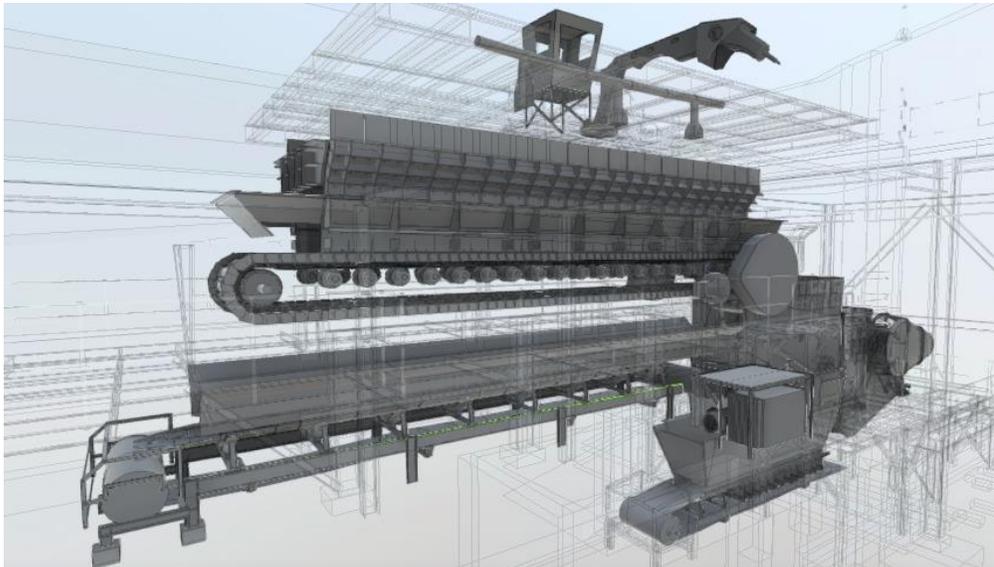


Conclusiones y Reflexiones

- Desarrollar un Modelo integrado que facilite la etapa de mantenimiento y permita solucionar interferencias físicas y defectos constructivos en etapas tempranas.
- Realizar simulaciones constructivas en actividades críticas.



- Se incluyeron las facilidades para el mantenimiento en el diseño como la grúa, electroimanes, parámetros de información no gráfica, etc. Con respecto a la parte constructiva, se desarrolló una simulación 4D de las actividades de desmontaje, construcción de cimentación, montaje y estructuras complementarias.

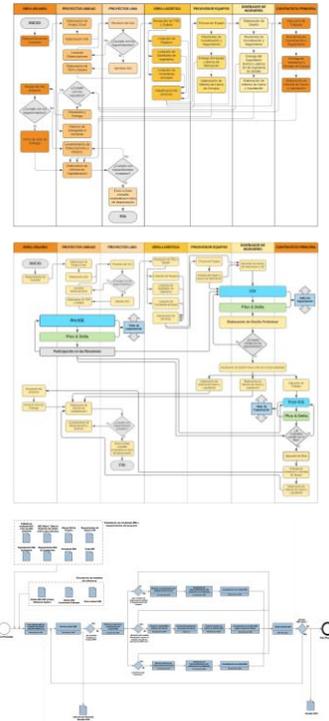
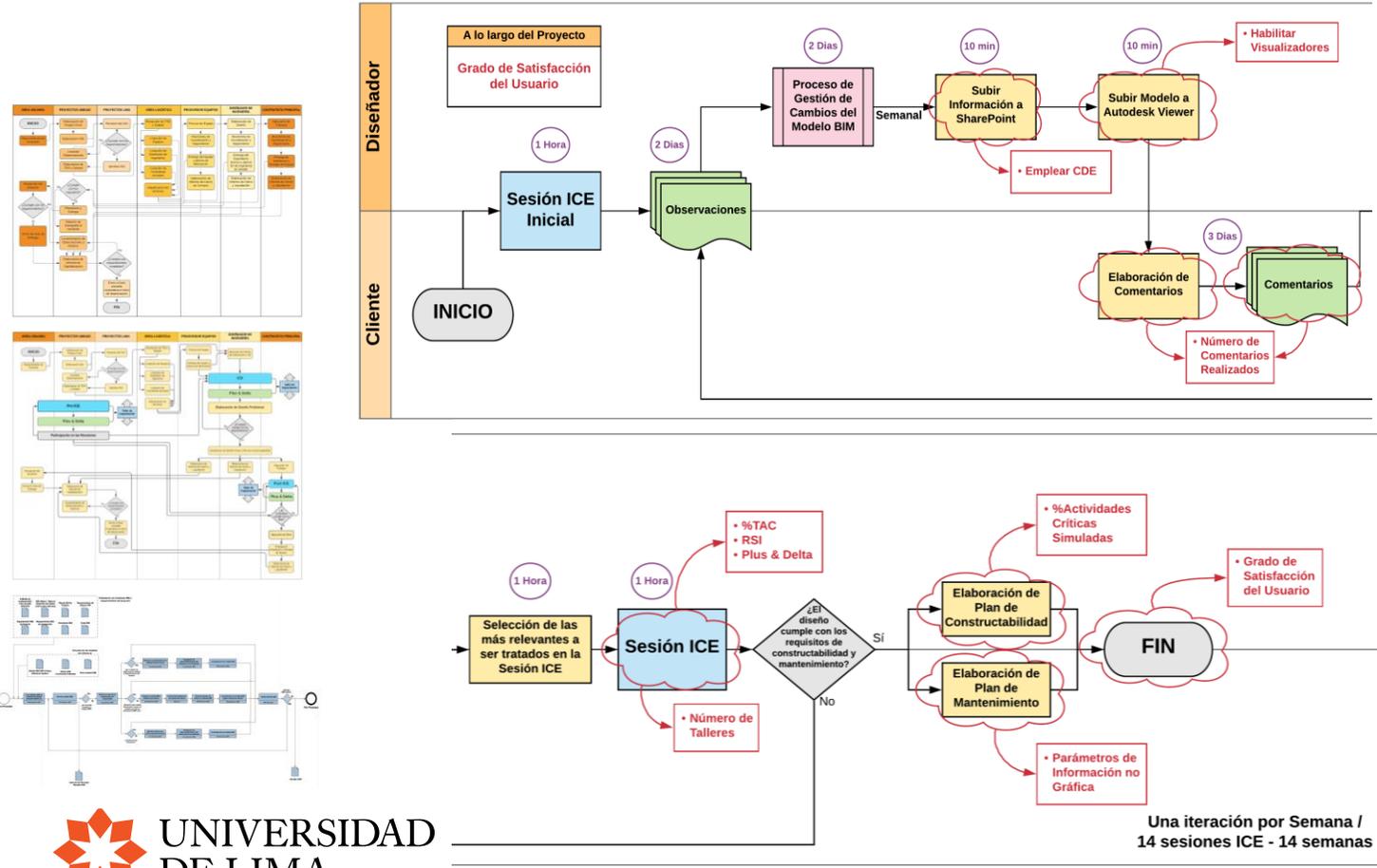


Conclusiones y Reflexiones

- Identificar el proceso de diseño actual.
- Proponer opciones de mejora del proceso de diseño actual reduciendo la variabilidad en las entregas



Se identificó el proceso de diseño actual y se plantearon mejoras para el mismo, volviéndolos más colaborativos, ello se mostro en las primeras sesiones del Plus& Delta. La implementación en particular se centro en mejorar el proceso de retroalimentación del diseño. En esa senda se identificaron las distintas fuentes de variabilidad siendo estas los comentarios y la productividad de las sesiones ICE las cuales fueron medidas y tomados acciones o factores controlables para que reduzcan la variabilidad. Por ejemplo, el uso de visualizadores, emplear CDE, realizar talleres de capacitación, etc.



Recomendaciones para otros proyectos

¿CÓMO LOGRAR COMPROMISO EN
LOS PARTICIPANTES?

TODAS SON
PRÁCTICAS
APLICABLES A
OTROS
PROYECTOS



PLUS & DELTA



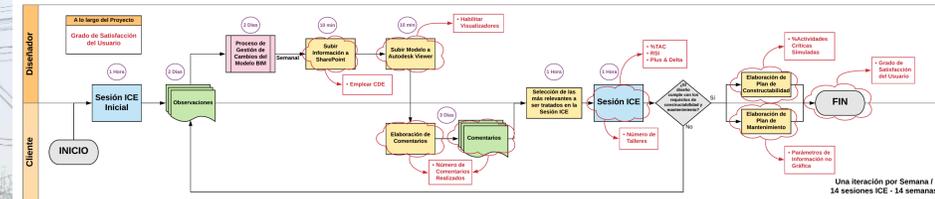
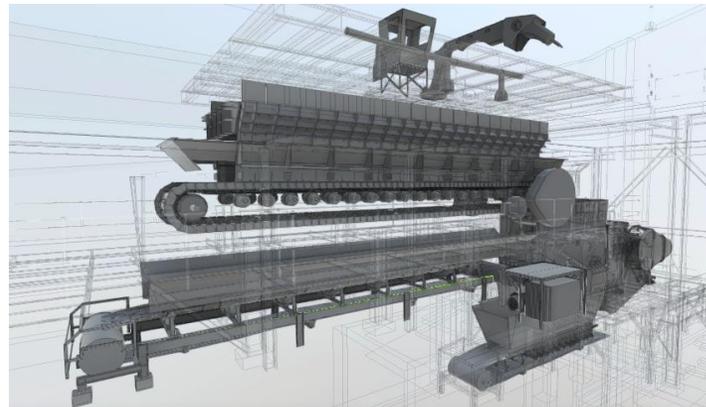
TALLERES DE CAPACITACIÓN



PLAZOS Y OBJETIVOS
COMUNES

Conclusión Final

- Se desarrollaron sesiones ICE virtuales con los proveedores, los diseñadores y los responsables de operación y mantenimiento para resolver las interferencias del diseño e incluir mejoras en el diseño. Además, se utilizó un BIM 3D y 4D (desmontaje y montaje) para identificar interferencias constructivas y físicas e inclusión de parámetros de información no gráfica en el modelo. Asimismo, se realizó un seguimiento de las actividades pendientes a través de PPM y se desarrolló un proceso de retroalimentación del diseño con métricas y factores controlables. Finalmente, los resultados de esta implementación fueron un diseño detallado para la sustitución de la máquina trituradora y una tolva de graneles dentro del plazo previsto.



¡Muchas gracias!

 alvbazanm@gmail.com / adbazan@ulima.edu.pe

 [Álvaro Bazán Montalto | LinkedIn](#)



Stanford | Center for
Professional Development



**UNIVERSIDAD
DE LIMA**