



INFORME FINAL

“Propuesta de mejora a empresa Altofem en planificación de ejecución de obras”

Agustín Cáceres Dell 'orto.

Proyecto de título Ingeniería civil de la Universidad Adolfo Ibáñez.

Departamento de obras Altofem.

Diciembre de 2023.

Resumen Ejecutivo.

Altofem, líder en la instalación y mantenimiento de sistemas de gases medicinales para instituciones de salud, ofrece servicios para una amplia gama de gases, incluyendo oxígeno, aire medicinal, aire dental, vacío y gas anestésico (N₂O). La empresa no solo se dedica a la instalación, sino que también fabrica equipos cruciales para el suministro de estos gases. Entre sus productos destacan las centrales de aire medicinal y de vacío, Canaletas porta instalaciones (CPI) que cumplen con los estándares de calidad UL y válvulas de tres cuerpos. Todo ello, producido e instalado siguiendo las normativas NFPA99 y NCh2196-2014.

La empresa se organiza en varios departamentos, incluyendo contabilidad, prevención de riesgos, proyectos, obras, mantenimiento y taller. El departamento de obras, responsable de supervisar unas 20 obras en Chile, enfrenta desafíos significativos, llevando a la gerencia a enfocarse en mejorar esta área.

Se ha identificado que el departamento de obras sufre problemas de planificación ineficiente y falta de comunicación entre departamentos, resultando en retrasos y multas. Para abordar esto, se ha decidido implementar la metodología de Lean Construction conocida como Last Planner System (LPS) en el proyecto del Hospital Intercultural de Nueva Imperial. Esta iniciativa busca optimizar la entrega de proyectos, mejorando la coordinación y eficiencia en la fabricación de equipos, con el fin de aumentar la utilidad mediante la reducción de gastos en transporte, personal, hospedaje y planificación.

Los casos de éxito de otras empresas que han implementado LPS sugieren que esta metodología es eficaz si se aplica correctamente. Esto abre la posibilidad de mejorar significativamente la gestión de proyectos en Altofem, logrando resultados positivos y estableciendo un proceso de mejora continua en el departamento de obras.

Abstract.

Altofem, leader in the installation and maintenance of medical gas systems for healthcare institutions, provides services for a wide range of gases, including oxygen, medicinal air, dental air, vacuum, and anesthetic gas (N₂O). The company not only specializes in installation but also manufactures crucial equipment for the supply of these gases. Featured products include medical air and vacuum stations, Channeling for Installations (CPI) compliant with UL quality standards, and three-body valves. All of these are produced and installed following NFPA99 and NCh2196-2014 regulations.

The company is organized into various departments, including accounting, risk prevention, projects, construction, maintenance, and workshop. The construction department, responsible for overseeing around 20 projects in Chile, is facing significant challenges, prompting management to focus on improving this area.

It has been identified that the construction department experiences issues with inefficient planning and lack of communication between departments, resulting in delays and fines. To address this, the decision has been made to implement the Lean Construction methodology known as the Last Planner System (LPS) in the project at the Intercultural Hospital of Nueva Imperial. This initiative aims to optimize project delivery by improving coordination and efficiency in equipment manufacturing, ultimately increasing profitability by reducing expenses in transportation, personnel, accommodation, and planning.

Success stories from other companies that have implemented LPS suggest that this methodology be effective when applied correctly. This opens up the possibility of significantly improving project management at Altofem, achieving positive results, and establishing a continuous improvement process in the construction department.



Índice.

1. Introducción.....	1
1.1 Contexto de la empresa.....	1
1.2 Problemática.....	3
1.3 Oportunidad.....	4
2. Objetivos.....	5
3. Estado del Arte.....	5
3.1 Lean Construction.....	5
3.2 Herramientas Lean.....	6
3.2.1 Las 5S.....	6
3.2.2 Last Planner System.....	7
3.2.3 Value Stream Mapping (VSM).....	7
4. Elección de solución a implementar.....	8
4.1 Propuestas de solución.....	8
4.2 Solución escogida.....	9
4.3 Análisis de riesgo.....	10
5. Evaluación económica.....	11
6. Metodología de implementación.....	13
6.1 Implementación Last Planner System en una obra.....	13
6.1.1 Pull Planning, lo que se DEBE hacer.....	13
6.1.2 Look Ahead Plan, lo que PUEDE hacer.....	14
6.1.3 Weekly Plan, lo que se HARÁ.....	15
7. Medidas de desempeño.....	15
7.1 Utilidad de una obra.....	15
7.2 Tiempo de entrega del proyecto:.....	16
7.3 Tiempo de fabricación de centrales.....	16
7.4 Porcentaje por cumplimiento (PPC) y Causas de no cumplimiento (CNC).....	17
8. Desarrollo de la Implementación.....	18
8.1 Implementación.....	18
8.1.1 Pull Planning.....	18
8.1.2 Look Ahead Plan.....	18



8.2.3 Weekly Plan.	20
9. Resultados.	21
10. Conclusiones, discusiones y recomendaciones.....	24
10.1 Conclusiones.....	24
10.2 Discusiones.	25
10.3 Recomendaciones.....	26
11. Referencias.	27
12. Anexos.	28
12.1 Anexo 1.....	28
12.2 Anexo 2.	30
12.3 Anexo 3.	30
12.4 Anexo 4.	31
12.5 Anexo 5.	32
12.6 Anexo 6.....	32
12.7 Anexo 7.	33
12.8 Anexo 8.	34
12.9 Anexo 9.	35

1. Introducción.

1.1 Contexto de la empresa.

Altofem es una empresa especializada en la instalación de redes de gases medicinales en los centros de salud. Entre los gases que tienen disponibles para la instalación son oxígeno, aire medicinal, aire dental, vacío y gas anestésico (N_2O).

También se encargan de la fabricación de equipos de suministro de gases medicinales, tales como centrales de aire medicinal y de vacío, CPI y de válvulas de tres cuerpos que permiten el paso de los gases por las cañerías. Todos los equipos presentan certificación de calidad UL y su fabricación e instalación se rigen bajo los estándares de las normas NFPA99 y NCh2196-2014. Además, posee certificación ISO, por lo que se rige por los estándares de calidad presentes en la norma ISO9001:2015.

Actualmente, la empresa cuenta con una sede principal en Santiago que funciona como sucursal, fábrica y bodega; una sede en Antofagasta, una fábrica en Parral que también opera como bodega y una sede Concepción.

La empresa se divide en los departamentos de contabilidad, prevención de riesgos, proyectos, obras, mantención y taller. Actualmente, el departamento de obras es el más involucrado dentro de los proyectos, ya que se encuentra a cargo de alrededor de 20 obras a lo largo de todo Chile. Es por esto que decidieron reorganizarse y entrar en un proceso de mejora continua con la finalidad de aumentar su rentabilidad.

Los ingresos del departamento de obras se dividen en tres tipos de proyecto que son las ventas directas, modernización de instalaciones e instalaciones nuevas. En el año 2022 se obtuvo un total de 1.733MM de pesos, los cuales se obtuvieron principalmente por los proyectos de instalaciones nuevas en los Cesfam y hospitales, con un total de 1.176MM de pesos en 9 proyectos.



Gráfico N°1: Ingreso porcentual por tipos de proyectos. Fuente: Informe ISO depto. de obras 2022.

El departamento de obras tuvo un crecimiento de un 14% en los ingresos con respecto al año anterior, lo que se explica, principalmente, por la expansión de su presencia a otras áreas geográficas del país, nuevos proyectos de Cesfam y remodelaciones de hospitales después de la pandemia y a la demanda sostenida de modernización y normalización de sistemas de gases clínicos.



1.2 Problemática.

Tomando en cuenta lo dicho anteriormente, durante el año 2022 se obtuvo una facturación mensual irregular pese al crecimiento antes mencionado, mostrando una baja facturación entre los meses de julio y septiembre, y una facturación mensual que incrementó considerablemente en el mes de diciembre, lo cual generó dificultades a la empresa en los flujos de caja y en los pagos de los impuestos de cada mes.



Gráfico N°2: Distribución de facturación por mes en el 2022. Fuente: Informe ISO depto. de obras 2022.

Con la finalidad de mejorar esto, la empresa se reúne para analizar mejoras y tener un mayor registro de lo que pasa en obras. Para ello, identificaron las principales causas de los problemas más frecuentes que tienen en las obras y concluyeron que la principal causa es la mala planificación que existe tanto en la ejecución de obras como en la fabricación de los equipos que posteriormente serán instalados en obra.

La mala planificación se debe a una falta de comunicación en el departamento, donde se imposibilita la capacidad de hacer una buena gestión y control de las obras, ya que conlleva a que no se puedan prevenir problemas que suelen ocurrir en obras, como lo son la falta de materiales o de personal. Todo esto repercute en atrasos que tienen como consecuencia multas por incumplimiento de plazo contractual en obras.



1.3 Oportunidad.

El departamento en mayo del 2023 se propuso a entrar en un proceso de mejora continua, por lo que se fijó una meta mensual para este año de facturar \$230M mensuales. El Gráfico N°3 muestra avances con respecto al 2022, sin embargo, sigue siendo irregular si se considera el cumplimiento de la meta.



Gráfico N°3: Facturación mensual año 2023.¹ Fuente: Planilla facturación 2023 del depto. de obras.

En base a esto la oportunidad identificada consta de mejorar la planificación en la ejecución de obras con la finalidad de que el departamento tenga un mejor control y seguimiento de las obras que tienen en ejecución, además de poder hacer un levantamiento de información acerca de lo que ocurre en estas. Esto ayudaría también para poder proyectar lo que se facturará en el mes, hacer más regular las facturaciones mensuales y lograr la meta mensual propuesta.

Cabe destacar que el proceso de facturación es por el avance en la ejecución de un trabajo, es decir, es posible generar un estado de pago de acuerdo con el progreso en los trabajos o en la entrega de equipos, este debe ser aprobado por el contratista para el cobro de la factura. Con esto se concluye que una buena planificación de los trabajos permite la posibilidad de proyectar las

¹ No se tiene registro de las facturaciones en los meses de marzo y abril, por lo que se proyectó con el promedio de facturación entre enero y febrero.

facturaciones mensuales, logrando una mejor estimación de estas, lo que impacta positivamente en la utilidad de los proyectos de obra.

2. Objetivos.

Objetivo general:

Aumentar un 10% la utilidad de un proyecto de obra, en un período de ejecución de obras que equivale a 50 días repartidos en 12 meses.

Objetivos específicos:

- ✓ Disminuir tiempo de entrega de una obra en un 10%.
- ✓ Mejorar rendimiento de mano de obra en la fabricación de centrales en un 20%.
- ✓ Mejorar gestión y control de un proyecto de obra.

3. Estado del Arte.

3.1 Lean Construction.

La planificación en la construcción está siendo muy importante dentro de la industria, ya que una mala gestión de logística, ejecución y control de la obra genera muchas pérdidas de material, horas hombre y horas máquina lo que genera multas por incumplimiento de plazo contractual. Por lo que, países como España buscan implementar la filosofía Lean dentro de la industria de la construcción, ya que vieron que esta les sirvió en la industria de la producción, convirtiéndose en el segundo país mejor productor de automóviles del mundo.

Juan Felipe Pons, referente de la filosofía Lean, menciona que esta está creciendo en el mundo, provocando grandes avances en países como EE. UU. Además, otros países anglosajones y nórdicos tienen mucho interés en implementar este sistema. También en América Latina, donde existe un enorme interés de implementar este sistema en países como Chile, Brasil y Perú.



La filosofía Lean en la construcción nació cuando investigadores quisieron adaptar el sistema de producción de Toyota en el ámbito de la construcción. Para ello, identificaron las principales actividades que generan pérdidas dentro de una obra de construcción, estas se pueden observar en la Imagen N°1.



Imagen N°1: Pérdidas en sistema de producción. Fuente: Lean Construction.

3.2 Herramientas Lean.

3.2.1 Las 5S.

Las 5S se centran en el concepto de "Mantenimiento Integral" del entorno laboral en una empresa, abarcando desde la maquinaria y equipos hasta los espacios de trabajo individuales de los empleados. Esta metodología, originada por Toyota en la década de 1960, tiene como objetivo mantener los lugares de trabajo en óptimas condiciones para aumentar la productividad y la eficiencia de los trabajadores.

Sin embargo, en el ámbito de la construcción, la aplicación de estos principios de orden y limpieza se ve obstaculizada debido a la complejidad de la tarea. El constante movimiento de materiales, herramientas y la generación frecuente de residuos hacen que mantener un entorno organizado sea desafiante, lo que a menudo resulta en accidentes.

Las 5S son cinco palabras en japonés que significan: organización (Seiri), orden (Seiton), limpieza (Seiso), control visual (Seiketsu) y disciplina (Shitsuke).



3.2.2 Last Planner System.

Glenn Ballard (1994) menciona que la construcción es muy ambigua, ya que se basan en un plan inicial que va deteriorándose a través del tiempo, ya que no pueden controlar ciertos sucesos que ocurren, por lo que se ven obligados a cambiar su planificación hasta que el proyecto termina siendo algo muy distinto al plan inicial.

Last Planner System es una herramienta que comparte la forma de pensar de la filosofía Lean y es una de las más utilizadas para la implementación de esta. Consiste, principalmente, en enfocar el problema en la impresión y en la ambigüedad de la programación en la construcción. Su funcionamiento se basa en mejorar el cumplimiento de las actividades mediante la disminución de la incertidumbre asociada a la planificación.

Esto se logra mediante un Sistema Pull donde la programación se planifica de atrás hacia adelante para que las actividades hagan un efecto en que las últimas atraen a las primeras, con lo que, fijando un plazo, se puede estirar desde este, ajustando y solapando de manera que se estaría cumpliendo el plazo fijado.

3.2.3 Value Stream Mapping (VSM).

El VSM constituye una herramienta fundamental en la filosofía lean, permitiendo una exhaustiva observación del proceso completo de producción. Este método detalla paso a paso todas las actividades necesarias para obtener el producto final. Su eficacia radica en la capacidad para identificar la naturaleza de cada actividad dentro de los procesos, lo que facilita intervenciones destinadas a mejorar el flujo.

El análisis se enfoca en el flujo de producción de extremo a extremo dentro de una planta, abarcando desde la entrega al cliente hasta la recepción de piezas y materiales. Este examen se traduce en un mapa que refleja el estado actual del proceso. Posteriormente, se proponen mejoras que se plasman en un mapa del estado futuro, marcando el inicio de su implementación.

El VSM se lleva a cabo mediante papel y lápiz. Este enfoque visual facilita la comprensión del flujo de material e información. La premisa es seguir la ruta desde el cliente hasta el proveedor, creando representaciones visuales de cada proceso. Se plantean preguntas clave para orientar la elaboración del mapa del estado futuro, buscando optimizar y mejorar de manera significativa el flujo de valor.



4. Elección de solución a implementar.

4.1 Propuestas de solución.

Habiendo estudiado que dice la literatura al respecto, se procede a utilizar la metodología Lean Construction, por lo que se debe elegir que herramienta utilizar. Se estudió las herramientas de las 5S, Last Planner System y Value Stream Mapping.

Para las 5S se evaluó en realizar el arriendo de una bodega en el sur, un sistema de inventario y un aumento en la producción para agilizar los procesos de transporte de materiales y ahorrar recursos en transporte.

Para LPS, se evaluó en utilizar directamente la metodología para tener un sistema de planificación estándar que mejore el seguimiento y control en las obras de instalación de gases medicinales. También con esta solución se tendrían ciertos indicadores que ayudarían a buscar mejoras en la planificación.

Finalmente, para VSM se evaluó un flujo de valor con el fin de aumentar la producción en la fabricación de centrales.

Para elegir la solución adecuada se conversaron ciertos criterios que deben cumplir y se les asignó una nota, tal y como se muestra a continuación.

Tabla de evaluación de soluciones ² .			
Solución \ Criterios.	5S	LPS	VSM
Aceptabilidad	3,0	7,0	5,0
Sostenibilidad	4,0	6,0	5,0
Flexibilidad	3,0	6,5	5,5
Costo	3,0	7,0	7,0
Promedio	3,3	6,6	5,6

Tabla N°1: Criterios de selección de solución. Fuente: Elaboración propia.

² Escala de un 1,0 a 7,0. Mientras más alta la nota mejor calificación.



- Aceptabilidad: Se refiere al convencimiento que tiene el departamento frente a la solución propuesta.
- Sostenibilidad: Se refiere a que su uso sea proyectable a futuro. El departamento se encuentra interesada en implementar mejoras, por lo que la solución debe ser sostenible en el tiempo.
- Flexibilidad: Se refiere a la simplicidad de su uso, con el fin de que no se necesite una especialización para poder ser ocupada. El departamento busca no depender de los más especialistas, ya que estos se encuentran ocupados con otras tareas.
- Costo: Se refiere al valor monetario de la solución, el departamento busca no invertir mucho en la solución, por lo que mientras más cara sea esta peor es la nota.

4.2 Solución escogida.

Habiendo hecho el análisis de soluciones se concluye que la metodología 5S no es viable, ya que tiene un costo elevado de implementación que la empresa no estaba dispuesta a pagar³, además de la falta de tiempo para hacer el abastecimiento, orden y control de la bodega.

La herramienta VSM se evaluó y se encontró una solución factible, sin embargo, se cree que esta puede ser aplicada al área de taller y el departamento busca una mejora en la ejecución de obras, además se supone que no se iba a tomar en cuenta la solución a largo plazo.

Finalmente, se concluye que la mejor solución es la de implementar un sistema de planificación de obras de instalación de gases medicinales. Este se hará con la metodología de Last Planner System, con el fin de poder tener un mejor seguimiento y control de las obras, además de poder hacer un levantamiento de información con ciertos indicadores que ayudarán a saber en qué implementar futuras mejoras.

³ 2.500.000CLP entre arriendo de bodega y de incorporación de personal para el control y abastecimiento de la bodega.



4.3 Análisis de riesgo.

El análisis de riesgo se lleva a cabo mediante el uso de una tabla que incorpora varios elementos clave. En esta tabla, se evaluará la probabilidad de ocurrencia de cada riesgo identificado. Asimismo, se analizará el impacto potencial que cada riesgo podría tener en el proyecto, permitiendo una comprensión completa de sus consecuencias.

Además, la tabla incluye estrategias de mitigación destinadas a reducir la probabilidad de ocurrencia de los riesgos identificados o a minimizar su impacto en caso de materializarse.

Riesgo	Descripción del riesgo.	Probabilidad.	Impacto.	Mitigaciones.
Resistencia al cambio	-El personal no está dispuesto a los cambios en la planificación.	Bajo	Alta	-Mostrar beneficios de la implementación con capacitaciones o reuniones.
Planificación individual.	-LPS requiere trabajo en equipo, por lo que el que uno planifique y otro solo registre puede provocar fallas en la comunicación ya que entre todas las partes deben ponerse de acuerdo en lo que se puede y debe hacer.	Alta	Bajo	-Capacitaciones que expliquen la importancia del trabajo en equipo de la implementación, además de fijar reuniones para planificar los periodos largo, mediano y corto plazo
Falta de culturización.	-Este riesgo se refiere, básicamente, a la falta de conocimiento de la metodología LPS.	Medio	Medio	-Se dejará un instructivo a la empresa que explica el proceso de implementación y los conceptos claves de LPS.
No hay constancia en la toma de registros	-No se utiliza semanalmente, volviendo más ambigua la planificación.	Medio	Alta	Aviso de reuniones todas las semanas con los involucrados en la obra (supervisor de obra e instaladores).
No hay levantamiento de restricciones.	Las restricciones son aquellos obstáculos que no permiten el trabajo en la obra.	Alta	Alta	Exigir levantamiento de restricciones y en caso de no haber posibilidad, planificar otros trabajos que si son posibles de realizar.

Tabla N°2: Tabla de riesgos y sus mitigaciones. Fuente: Elaboración propia.



La tabla se utiliza para construir la matriz de riesgo que clasifica los riesgos en tres niveles: verde, que denota un impacto bajo; amarillo, que indica un impacto medio; y rojo, que señala un impacto alto. Estos colores representan el nivel de impacto que resultaría si no se toman medidas preventivas o de mitigación frente al riesgo.

	Probabilidad baja	Probabilidad media	Probabilidad alta
Impacto bajo			Planificación individual.
Impacto medio		Falta de culturización.	
Impacto alto	Resistencia al cambio	No hay constancia en la toma de registros.	No levantamiento de restricciones.

Tabla N°3: Matriz de riesgos del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

5. Evaluación económica.

Para la evaluación económica se compara la situación actual de un proyecto de obra con la situación que considera la implementación de Last Planner System al mismo proyecto, esto con la finalidad de demostrar la viabilidad de la solución.

En el análisis se consideran los siguientes puntos:

- ✓ Plazo contractual de 50 días repartidos en 12 meses. Esto quiere decir que los trabajos no son en días corridos sino por períodos de tiempo.
- ✓ 7 entradas a la obra. Cada entrada tiene unos trabajos en específico con una cierta cantidad de días de trabajo, por lo que el plazo se divide en 13 semanas (*véase en Anexo 1*).
- ✓ Presupuesto de una obra de 95 millones de pesos. Cada trabajo tiene valor en materiales, equipos y mano de obra, por lo que cada entrada tiene un costo que pertenece a un ítem del itemizado presentado en el presupuesto (*véase en Anexo 2*).
- ✓ Ingresos corresponden a cada trabajo realizado en una determinada entrada y se anotan según el valor del ítem definido en el presupuesto.
- ✓ Al momento de realizar el presupuesto para el contratista, cada ítem considera un 10% de costo de instalación (mano de obra) y una utilidad del 12%, por lo que los costos corresponderían a un 88% de los ingresos.
- ✓ Gastos generales corresponden a los gastos en planificación del proyecto de obra.



- ✓ Gastos operacionales corresponden a costos por transporte de materiales y de personal, hospedaje e instalación de los equipos⁴.
- ✓ El contratista al comenzar el proyecto le otorga un anticipo del 30% del presupuesto para la compra de materiales y otros gastos, sin embargo, la empresa no considera suficiente este monto, por lo que hacen una inversión inicial del 20% del presupuesto para empezar con la realización de los trabajos.

Considerando esta información se hizo el flujo de caja de ambas situaciones (véase en *Anexo 3*). En la situación sin proyecto se considera las condiciones normales de trabajo mencionadas anteriormente. Sin embargo, en la situación con LPS implementado se considera el cumplimiento de los objetivos específicos, es decir, disminución del tiempo de entrega, que considera una disminución del plazo de 50 a 45 días en 12 semanas y la disminución del tiempo de fabricación de centrales. Este último disminuye los días en que se realiza la entrada de “Fabricación e instalación de equipos” de 15 días a 10 días.

Lo anteriormente mencionado implica un impacto dentro del proyecto de obra y este es lo que se ahorra en gastos generales, gastos operacionales y costos de instalación. Esto repercute directamente en la viabilidad del proyecto, ya que supone un aumento del VAN.

Cabe destacar que comúnmente se utiliza una tasa de descuento anual del 10% para los análisis financieros, esto debido al costo oportunidad, su rendimiento razonable para inversiones a largo plazo y por su simplicidad. Finalmente, como se utiliza un flujo de caja en periodos semanales se hace la conversión para obtener la tasa de descuento semanal y se obtuvo un 0,2% (véase *Anexo 4*), con ello se procede a calcular los indicadores financieros.

INDICADORES FINANCIEROS DE UNA OBRA ANTES DEL PROYECTOS		INDICADORES FINANCIEROS DE UNA OBRA ANTES DEL PROYECTOS	
VAN	\$ 3.928.937	VAN	\$ 5.210.563
TIR	42,2%	TIR	42,3%

Tabla N°4: VAN y TIR de la situación antes y después del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

⁴ En el valor de los equipos del presupuesto se considera el 10% como el costo de fabricación de este. El costo de instalación de equipos se considera como un ítem aparte.

En la Tabla N°4 se observa una TIR positiva en ambos casos, sin embargo, la diferencia entre estos es ínfima debido a la gran diferencia entre el costo de la inversión y el ahorro que genera la implementación de LPS.

Con relación a la rentabilidad, el VAN muestra un aumento en la situación con proyecto, por lo que existe un Δ VAN positivo, lo que significa que hay una mejora con respecto a la rentabilidad del proyecto de obra al aplicar Last Planner System.

Cabe destacar que la variable a analizar en el análisis de sensibilidad es el de la cantidad de días en el que se otorga el plazo, donde si este aumenta hay más gastos generales, operacionales y costos de instalación, además de la posibilidad de que se agreguen multas a los costos. En cambio, si disminuye el plazo existe más ahorro en estas variables, por lo que el Δ VAN aumentaría.

6. Metodología de implementación.

6.1 Implementación Last Planner System en una obra.

Last Planner System es un sistema de planificación llevado a cabo por las personas encargadas de la producción. Divide la programación de obra en partes más pequeñas, con el objetivo de hacerla más intuitiva y entendible por todos los participantes. Se enfoca en producir un flujo de trabajo continuo y sin interrupciones. La planificación se divide en 3 fases:

- i. Pull Planning.
- ii. Look Ahead Plan.
- iii. Weekly Plan.

6.1.1 Pull Planning, lo que se DEBE hacer.

Este es el punto de partida de la planificación colaborativa. Se realiza con todos los participantes de la obra y es muy interesante que esté presente el coordinador y supervisor de obras. Se busca establecer la mejor secuencia de oficios y destapar el mayor número de restricciones. El planning se realiza con los tiempos estimados por los responsables de cada oficio, básicamente, es una Carta Gantt detallada de la obra a realizar con sus hitos y plazos para su ejecución (se busca reducir los tiempos de ejecución aumentando la coordinación).



6.1.2 Look Ahead Plan, lo que PUEDE hacer.

Es el plan de hitos generado en el Pull Planning desglosado en un período a mediano plazo, es decir, lo que se hará en un rango de 4 o 6 semanas. Para esto, se utilizará una estrategia de sectorización donde se dividirá la zona a trabajar durante ese período en diferentes sectores y se planificará en qué sectores se trabajará cada semana.

Esta etapa es el motor del sistema y es donde se destapan las restricciones que dan flujo a la obra. Los responsables de los oficios ven cercano el inicio de los trabajos y visualizan mejor las necesidades, por lo tanto, sienten más la necesidad de prepararse para el momento de la ejecución.

DESCRIPCIÓN	Mes		SEPTIEMBRE							OCTUBRE													
	Semana del año		Semana 39							Semana 40						Semana 41							
			L	Ma	Mi	J	V	S	D	L	Ma	Mi	J	V	S	D	L	Ma	Mi	J	V	S	D
	Inicio act.	Fin act.	23	24	25	26	27	28	29	30	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13
	Días no laborables								F							F		F					F
Enchape departamentos																							
Departamento s01	13-Nov	17-Nov																					
Departamento 101	16-Set	19-Set																					
Departamento 102	19-Set	22-Set																					
Departamento 103	14-Oct	19-Oct																					
Departamento 201	23-Set	25-Set	X	X	X																		
Departamento 202	26-Set	29-Set				X	X	X															
Departamento 203	30-Set	02-Oct							X	X	X												
Departamento 301	21-Oct	24-Oct																					
Departamento 302	03-Oct	05-Oct											X	X	X								
Departamento 303	06-Oct	10-Oct															X		X	X			
Departamento 401	11-Oct	14-Oct																		X	X		
Departamento 402	28-Oct	01-Nov																					
Departamento 403	15-Oct	17-Oct																					
Departamento 501	18-Oct	21-Oct																					
Departamento 502	22-Oct	24-Oct																					
Departamento 503	25-Oct	28-Oct																					
Departamento azotea 501	29-Oct	02-Nov																					
Departamento azotea 502	03-Nov	07-Nov																					
Departamento azotea 503	08-Nov	12-Nov																					
Áreas comunes																							
Terrazas de Ss y primer piso	11-Nov	17-Nov																					
Balcones y hall de ascensor	18-Nov	25-Nov																					
Recepción e ingreso	25-Nov	27-Nov																					
Enchape de fachada	30-Oct	14-Nov																					

Tabla N°5: Ejemplo Look Ahead Plan. Fuente: Trabajo de investigación Maycol Miranda Mejía.



6.1.3 Weekly Plan, lo que se HARÁ.

Partiendo del Look Ahead Plan detallamos de manera precisa las tareas que se van a ejecutar la semana próxima. Todas las tareas que se planifiquen deberían estar liberadas, es decir, sin restricciones para garantizar que se ejecutarán sin interrupciones.

PLAN SEMANAL Y PPC				SEMANA N°				
ACTIVIDAD	ZONA	EMPRESA	RESPONSABLE	L 02/03	M 03/03	X 04/03	J 05/03	V 06/03
REGISTRO PARED	1			1				
TECHO GIMNASIO	1			1	1	1	1	1
TERRAZAS	1			1	1			
FUENTE	7				1	1		
FALSO TECHO	4					1	1	1
TRDS GARAJE	4							1
CUADROS GENERALES	3			1	1	1	1	1
MARCAR LUCES	3							1
BOMBAS IMPULSIÓN	4			1				
ACCESORIO CASCADA	7			1				
PISO	3			1	1	1	1	1
CHIMENEA	3			1	1			
FUENTE	7					1	1	1
FONDEAR	1			1				
FONDEAR	2				1			
FOSO PISCINA	1			1	1	1	1	1
PRUEBAS	1				1	1	1	1
PANELADO MADERA	1			1	1	1	1	1

Tabla N°6: Ejemplo Weekly Plan. Fuente: Guía implementación LPS, a3 Lean Construction.

7. Medidas de desempeño.

7.1 Utilidad de una obra.

Para la utilidad, se comparará la utilidad obtenida en los últimos dos meses de una obra con los siguientes dos meses que contemplan la implementación de la solución. La empresa en la generación de los presupuestos considera un 12% de utilidad en las facturaciones recibidas cada mes, por lo que el aumento de utilidad estará dado de la siguiente manera:

$$\Delta U = U_{actual} * \left(\frac{\% \Delta VAN}{100} \right)$$



Siendo ΔU , el incremento o disminución de la utilidad, $\% \Delta VAN$, el aumento o disminución de la rentabilidad con respecto a la situación sin solución y U_{actual} , la utilidad de un proyecto de obra sin la implementación de la solución.

7.2 Tiempo de entrega del proyecto:

Se buscará disminuir el tiempo de entrega de proyecto, para esto se agilizarán procesos que no están directamente relacionados con las obras, con el fin de aprovechar el tiempo que los maestros están en terreno para hacer el máximo trabajo posible con lo que se tiene disponible para trabajar.

$$\%T = \frac{T_f - T_o}{T_o} \times 100$$

Siendo $\%T$, el incremento o disminución del tiempo de entrega de la obra, T_f , el tiempo en que se entrega la obra después de implementada la solución y T_o , el plazo estipulado por el contratista.

7.3 Tiempo de fabricación de centrales.

Se buscará agilizar el proceso de fabricación de centrales, acercando los equipos a una estandarización para que no se tenga que improvisar a la hora de fabricar equipos y evitar pérdidas de tiempo.

$$\%T_c = \frac{T_{cf} - T_{co}}{T_{co}} \times 100$$

Siendo $\%T_c$, el incremento o disminución del tiempo de entrega de la obra, T_{cf} , el tiempo en que se demora la fabricación de una central después de implementada la solución y T_{co} , el tiempo promedio actual que se demoran en fabricar una central.



7.4 Porcentaje por cumplimiento (PPC) y Causas de no cumplimiento (CNC).

Dentro de la metodología de Last Planner System existe un cuarto paso en su implementación que consta de la medición de la planificación en cuanto al cumplimiento de las actividades que se planifican en el Weekly Plan. A esto se le denomina Porcentaje por cumplimiento semanal (PPC) y sirve como indicador de desempeño en la implementación de esta nueva herramienta y se calcula de la siguiente manera:

$$PPC (\%) = \frac{N^{\circ} \text{ de actividades cumplidas en la semana}}{N^{\circ} \text{ de actividades totales de la semana}} \times 100$$

Se buscará lograr el objetivo de llegar al 65% de cumplimiento de las tareas planificadas semanalmente.

Habiendo recolectado suficiente información de las semanas, es posible hacer una recopilación de información de las causas de no cumplimiento (CNC). Estas se clasifican según el tipo de causa. Finalmente, se realiza un gráfico con las causas y se procede a hacer un Análisis de Pareto, con la finalidad de implementar mejoras de acuerdo con el 80% de las causas que más abundan y poder prevenirlas para la misma o futuras obras.

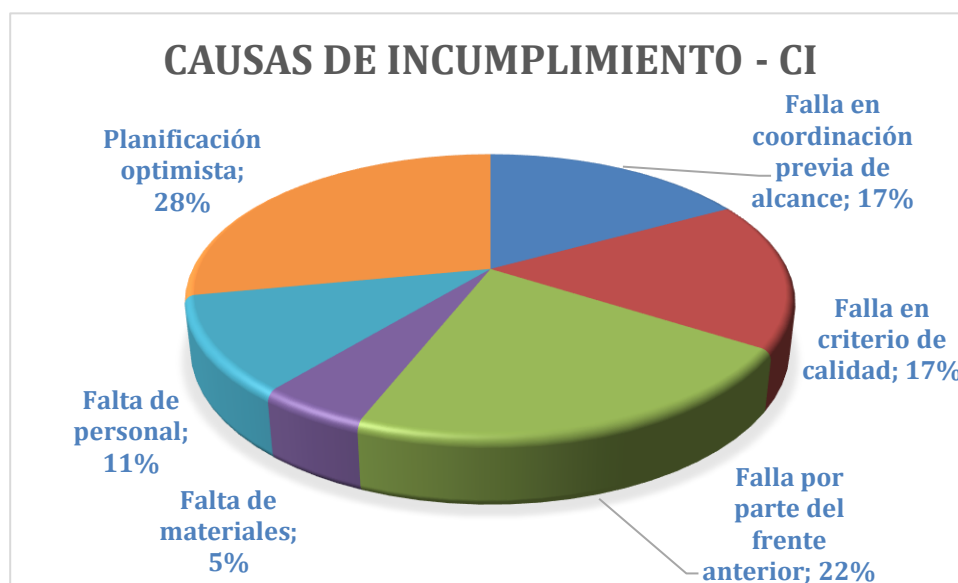


Gráfico N°4: Ejemplo de Gráfico de CNC. Fuente: Trabajo de investigación Maycol Miranda Mejía.

8. Desarrollo de la Implementación.

8.1 Implementación.

El día 1 de noviembre se procede a iniciar la planificación de la planilla para la implementación de LPS y se reúne el personal para decidir en qué obra se implementará el sistema de planificación. Primero se evaluó en una obra en Concepción, sin embargo, los administradores de la obra mencionaron que ya contaban con un sistema de planificación similar a LPS, por lo que se decide implementar en una obra con características similares y que no tuviera un sistema de planificación estándar.

Finalmente, se decide implementar LPS en el proyecto de suministro e instalación de las redes y equipos en el Hospital Intercultural de Nueva Imperial en Temuco. Esta obra ya se encuentra en ejecución y la finalidad de implementar LPS en esta obra es para organizarla de manera que pueda ser terminada en 2 meses.

Además, con la información y resultados obtenidos se analizará la factibilidad de este método de planificación en obras de instalación de gases medicinales, con el fin de replicarlo en otras obras.

8.1.1 Pull Planning.

La obra en el Hospital Intercultural de Nueva Imperial ya se encuentra activa, por lo que para la implementación de LPS se utilizó la Carta Gantt propuesta en la licitación respectiva del proyecto hecha por el coordinador de obras (*véase en Anexo 5*).

El día 2 de noviembre se realiza la sectorización de las áreas a trabajar. La obra consta de trabajos en 6 salas UCI, 12 salas UTI, los pasillos del hospital, sala de almacenamiento de equipos, estacionamientos y la caseta de centrales. Las salas y los pasillos se dividieron en 3 sectores UCI y 6 sectores UTI (2 salas por sector más pedazo de pasillo) y el resto no se dividió (*véase en Anexo 6*).

Lo anterior tiene la finalidad de organizar por sectores las áreas a trabajar y poder hacer el Look Ahead Plan respecto a que sectores se trabajarán en cada semana.

8.1.2 Look Ahead Plan.

El 8 de noviembre se procede a iniciar conversaciones con el administrador de obra del Hospital de Nueva Imperial con la finalidad de organizar las obras que quedan por completar. Con papel y lápiz se anotaron las obras faltantes y se proyectaron en la planilla del Look Ahead Plan.



Se planifican los 2 meses en los que se debería terminar la obra, sin embargo, debido a las restricciones y a los plazos otorgados por el contratista este sufrió constantes modificaciones, por lo que se decidió que lo mejor era ir planificando cada 2-3 semanas, con la finalidad de siempre tener actualizado lo que falta por terminar la obra.

Mes	NOVIEMBRE																										
Semana del año	Semana 46								Semana 47								Semana 48										
Día en calendario	L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D	L	M	Mi	J	V	S	D						
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1	2	3						
Salas UCI:																											
Sector UCI 1									x																		
Sector UCI 2									x																		
Sector UCI 3										x																	
Salas UTI:																											
Sector UTI 1									x																		
Sector UTI 2										x																	
Sector UTI 3											x																
Sector UTI 4																						x					
Sector UTI 5																						x					
Sector UTI 6	x	x																				x					
Otras Áreas:																											
Almacenamiento de equipos																											
Caseta de centrales																											
Estacionamientos			x	x	x						x	x				x	x	x									

Tabla N°6: Planilla Excel Look Ahead Plan. Fuente: Elaboración propia.

Las restricciones son aquellas situaciones que puedan hacer que no se pueda trabajar en ese hito. Estas deben ser liberadas antes de que empiece la semana de ejecución para que se pueda realizar los trabajos, en caso contrario, no se debe considerar en la planificación semanal, ya que afectaría en el PPC de esa semana.



TABLA DE RESTRICCIONES:

Semana	Restricciones	Liberada.
46	Materiales disponibles	SI
47	Materiales disponibles	SI
	Bomba de vacío lista	SI
	Bomba de vacío enviada	NO
48	Permiso para trabajar en salas	NO
	CPI fabricadas	SI
49	Permiso para trabajar en salas	
	Columnas fabricadas	
50	Materiales disponibles.	
	Central de aire lista	
	Central de aire enviada	
51	Columnas fabricadas	
	Permiso para trabajar en salas	
52	Materiales disponibles.	
	Alarma de presión lista	
53	Materiales disponibles.	

Tabla N°7: Tabla de restricciones. Fuente: Elaboración propia.

8.2.3 Weekly Plan.

Para la planificación a corto plazo, cada semana se reunió con el administrador de la obra con la finalidad de planificar la semana correspondiente. Las actividades por realizar durante la semana se anotan en una planilla Excel con su respectivo sector de trabajo.

Habiendo concluido la semana, se vuelve a reunir con el administrador de obra para discutir si se cumplieron las actividades planificadas, y en caso de no cumplimiento se anota la causa de esta. Luego, se planifica nuevamente la semana para una nueva evaluación la semana siguiente.



PLAN SEMANAL Y PPC			SEMANA N°46							CUMPLIMIENTO			
N°	ACTIVIDAD	SALA	L 06-nov	M 07-nov	Mi 08-nov	J 09-nov	V 10-nov	S 11-nov	D 12-nov	Cumple Si/No	PPC	ID	CAUSAS DE NO CUMPLIMIENTO
1	Instalación caja válvula	UTI 6											
2	Soportación red de oxígeno	Estacionami esto											
3	Instalación red de oxígeno	Estacionami esto											
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													
11													
12													
13													

Tabla N°8: Planilla Excel Weekly Plan Semana 46 del año. Fuente: Elaboración propia.

La primera semana de planificación comienza el día 13 de noviembre, por lo que los primeros resultados de la planificación se obtuvieron el 20 de noviembre.

El 4 de diciembre se procede a hacer el primer levantamiento de información con los PPC y CNC identificados haciendo el gráfico de progreso y el de identificación de causas más comunes.

9. Resultados.

Desde que se implementó la Last Planner System en el proyecto del Hospital de Nueva Imperial se ha podido culturizar de una mejor manera a la empresa con respecto a este sistema de control y seguimiento de la obra.

La primera semana de implementación se obtuvo un PPC del 33%, esto debido a que se planifico la semana sabiendo que las condiciones meteorológicas iban a imposibilitar los trabajos dentro de la obra. Luego, en las siguientes semanas se vieron mejoras en el cumplimiento logrando un 63% la segunda semana y un 80% en la tercera semana.

Luego de estas semanas se deja de tomar registro, ya que los instaladores tuvieron que abandonar la obra hasta nuevo aviso, ya que la administración del hospital no dio permisos para seguir con las obras⁵.

⁵ Hospital de Nueva Imperial se encuentra en operación, por lo que los trabajos dependen de la disponibilidad de las salas, es decir, que no se encuentren pacientes dentro de estas.

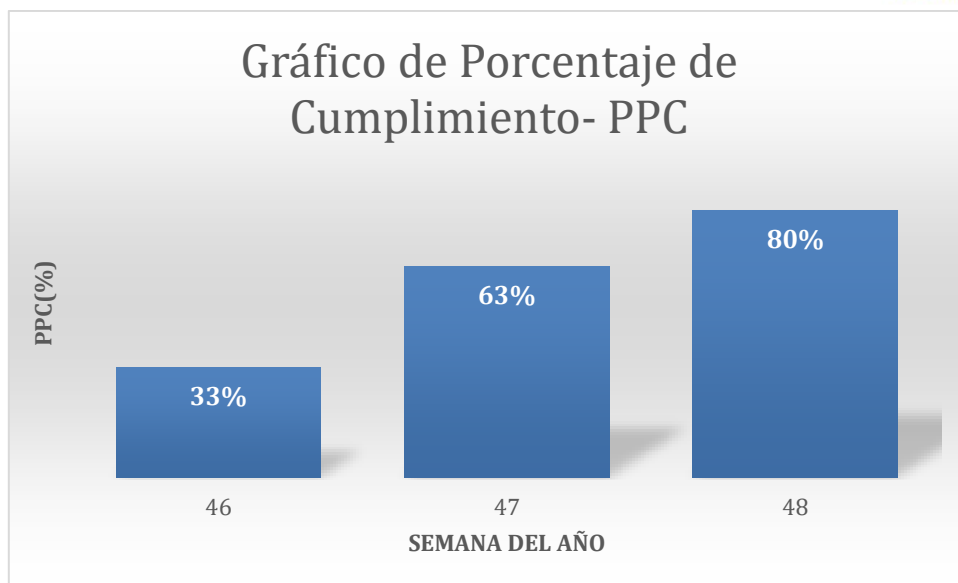


Gráfico N°5: Gráfico PPC de trabajos Hospital de Nueva Imperial. Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla N°9 se observa un claro progreso en el cumplimiento, acercándose cada semana al objetivo propuesto de tener un 65% de cumplimiento, por lo que se puede concluir que el sistema de planificación está siendo efectivo. Lean Institute menciona que las primeras semanas de implementación pueden existir irregularidades en el cumplimiento o deficiencias en la planificación, sin embargo, en este caso se observan mejoras y que la metodología funciona.

También se conversa con gerencia acerca de los problemas más comunes que tienen en obras, lo que se plasma en la Tabla N°10 y se hace un conteo de las causas de no cumplimiento en el progreso analizado.

ID	CNC	Frecuencia
A	Planificación optimista.	2
B	Fallas de coordinación	2
C	Dependencia de actividades no cumplidas	1
D	Problemas con constructora	1
E	Falta de materiales	0
Total		6

Tabla N°9: Conteo de CNC. Fuente: Elaboración propia.

De la Tabla N°9 se desprende el Gráfico N°6, que realizando un análisis de Pareto se puede observar que las causas más comunes y que pueden llevar a mejoras en esta obra son realizar una planificación más certera y coordinar mejor los trabajos para que sean terminados a tiempos, ya que pueden repercutir el cumplimiento de otras tareas.

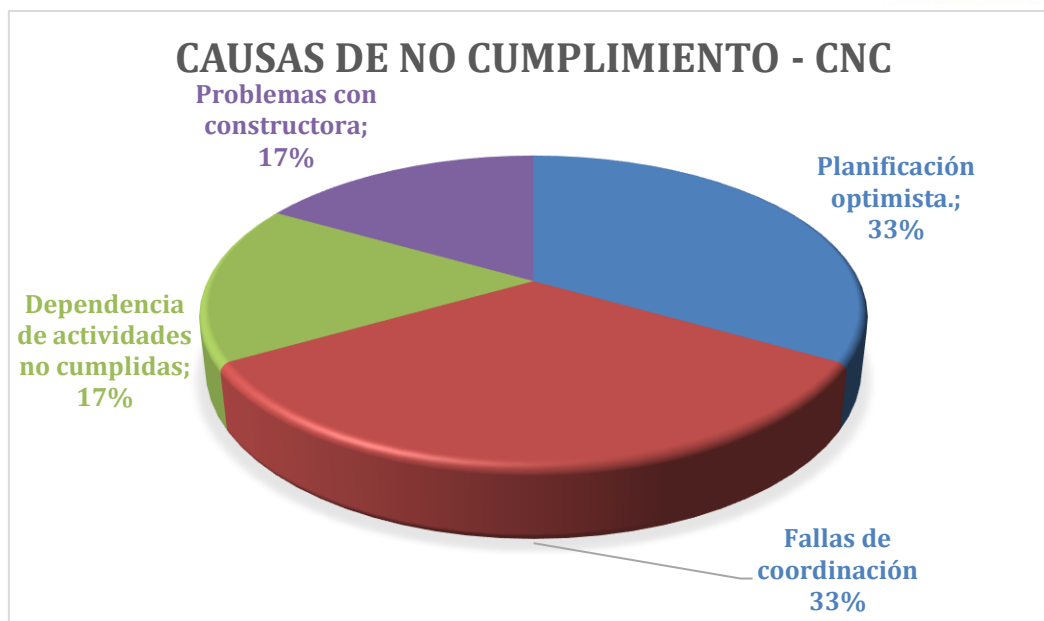


Gráfico N°6: Gráfico de Causas de No Cumplimiento. Fuente: Elaboración propia.

Con respecto al cumplimiento de los objetivos, no fue posible medir el tiempo de entrega, ya que por restricciones que el mismo contratista le ponía a la empresa no será posible terminar la obra en un período de dos meses corridos, sino que los instaladores van a tener que separar lo que le queda de trabajos en distintas entradas a medida que el contratista deje de continuar con los trabajos.

En cuanto a la mejora de rendimiento de mano de obra en taller, tampoco fue posible medirlo, ya que la bomba de vacío ya se encontraba fabricada y la central de aire medicinal no ha empezado su fabricación.

Finalmente, el objetivo general tampoco podrá ser medido, ya que no se recibieron facturas correspondientes a la obra controlada en cuestión, por lo que no es posible obtener una utilidad.



10. Conclusiones, discusiones y recomendaciones.

10.1 Conclusiones.

La solución de LPS evolucionó a lo largo del proceso de pasantía, empezando por ser implementado en las tareas comunes de oficina, con el fin de mejorar el cumplimiento de estas tareas registradas en el software de Microsoft Planner. Al ver la viabilidad de la solución en esta área se procede a hacer un proyecto más ambicioso en el ámbito de ejecución de obras.

Altofem se muestra satisfecho con el sistema de planificación implementado, ya que ellos buscaban tener un mejor control y seguimiento de las obras. Sin embargo, los resultados obtenidos no muestran resultados representativos del sistema, ya que la obra se encontraba con un avance significativo, por lo que las causas de no cumplimiento muestran condiciones típicas de la finalización de la obra como lo son errores de coordinación, fallas en la planificación, entre otras.

A pesar de esto el sistema de planificación demuestra que es posible implementarse en un rubro complicado como es la instalación de gases clínicos y que con la práctica es posible mejorar su implementación, mostrando de una mejor manera el desarrollo de un proyecto de obra junto con sus complicaciones, dando opción a un proceso de mejora.

Finalmente, se deja a la empresa un instructivo (*véase en Anexo 7*) que enseña a utilizar la metodología de Last Planner System, con la finalidad de que este pueda ser utilizado para futuras obras. Además, con este es posible realizar capacitaciones a los instaladores para que estén informados de cómo se planificarán los trabajos a partir de la implementación del nuevo sistema.



10.2 Discusiones.

Es posible proyectar los resultados de LPS a un largo plazo, tal y como se muestra en la evaluación económica donde se supone el cumplimiento de los objetivos específicos.

Como se dijo anteriormente, la finalidad de LPS es disminuir los tiempos de ejecución aumentando la coordinación de los trabajos, por lo que se supone una disminución de entrega de 50 a 45 días. Esto supone una semana menos de trabajo con respecto a la situación sin proyecto lo que provocaría ahorros en gastos operacionales (hospedaje, transporte de materiales y de personal), costos de instalación y gastos generales. Logrando aproximadamente 1.2M de pesos de ahorro.

Al calcular el VAN sin proyecto y el VAN con proyecto, es posible obtener el aumento de rentabilidad que se obtendría con la implementación, la cual se obtiene lo siguiente:

$$\frac{(VAN_{con\ proyecto} - VAN_{sin\ proyecto})}{VAN_{sin\ proyecto}} \times 100 = \frac{(5.210.563 - 3.928.937)}{3.928.937} = 32,6\%$$

Por lo que se tendría un 32,6% de aumento de rentabilidad y utilizando la siguiente fórmula es posible calcular el aumento de utilidad con respecto al aumento de rentabilidad del proyecto, comparando la situación con LPS con la situación sin LPS.

$$\Delta U = U_{actual} * \left(\frac{\% \Delta VAN}{100} \right) = 0,12 * \left(\frac{32,6}{100} \right) = 0,04$$

Habiendo hecho el cálculo se concluye que con la implementación de LPS es posible obtener un 4% de aumento de la utilidad total de un proyecto de obra, lo que no cumple con el objetivo planteado, sin embargo, sigue siendo una mejora significativa para el departamento.

Con respecto al mejoramiento de la mano de obra en la fabricación de centrales existe historial de que, al momento de terminar una central, han copiado esa misma central para fabricar la misma y han disminuido el tiempo de fabricación de 14 a 10 días, logrando una disminución del 28%. Por lo que, como solución complementaria se agregó un check list de los componentes de las bombas de vacío que se encontraban en taller con la finalidad de que sean copiadas en caso de necesitar el mismo tipo de bomba de vacío (véase en Anexo 8).



10.3 Recomendaciones.

- ✓ Originalmente, Last Planner System se utiliza en proyectos de obra continuos, tales como edificaciones, puentes o casas. En el caso de la instalación y suministro de gases medicinales nos encontramos que son trabajos que dependen del avance de construcción general por lo que se vuelve más complicada la implementación, por esto que se sugiere adaptar la planificación de LPS al rubro, cambiando el Look Ahead Plan a las distintas entradas a obra, de manera que se planifique cada entrada al momento de que el contratista declare que se puede entrar al recinto. Esto ayudará a ahorrar tiempos de planificación y optimizar la ejecución de los trabajos, ya que generalmente se gasta tiempo en cada entrada antes de realizar los trabajos.
- ✓ Last Planner System también es adaptable al proceso productivo de las empresas, por lo que se sugiere implementar en la fabricación de centrales de Altofem, con la finalidad de coordinar los trabajos de fabricación, con ello, disminuir los tiempos de fabricación y mejorar la comunicación entre departamentos.
- ✓ Se recomienda hacer un levantamiento de los componentes de las centrales de aire y bombas de vacío en un formato de registro entregado a la empresa con la finalidad de disminuir los tiempos de fabricación y optimizar la gestión de compra.
- ✓ Con la finalidad de aumentar la utilidad en la ejecución de obras, se buscó implementar un sistema de evaluación de desempeño de proveedores, sin embargo, este no pudo ser ejecutado por falta de tiempo a pesar de haberse generado. Se hizo un instructivo con este método de evaluación para que pueda usarse a futuro (*véase en Anexo 9*), el cual la empresa implementará en su sistema de gestión de calidad certificado bajo la norma ISO 9001:2015.



11. Referencias.

- INFORME ISO 2022 DEPARTAMENTO DE OBRAS DE ALTOFEM.
- GUÍA DE IMPLEMENTACIÓN LAST PLANNER SYSTEM, A3LEANCONSTRUCTION.
(<https://a3leanconstruction.com/guia-implementacion-last-planner-system/>)
- LEAN INSTITUTE CHILE. (<https://institutolean.cl/lean-construction/>)
- TRABAJO FINAL DE MÁSTER. IMPLEMENTACIÓN DE LEAN CONSTRUCTION EN CUSCO-PERU. MADELEYNE CALDERON RIVERA.
- MÉTODO DE VALOR GANADO COMO HERRAMIENTA LEAN CONSTRUCTION. DAVID DELGADO ALFARO.
- APPLICATION OF THE NEW PRODUCTION PHILOSOPHY TO CONSTRUCTION. LAURI KOSKELA.
- LEAN CONSTRUCTION Y EL MÉTODO DE LAS 5S: APLICACIÓN A UN CASO REAL. LAURA MEDINA TORRES.
- EVALUACIÓN DE LA EFICACIA DE LA APLICACIÓN DE LAST PLANNER SYSTEM EN UN PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN EN LA ETAPA DE ACABADOS. MAYCOL MIRANDA MEJÍA.
- KPIs (IV) EVALUACIÓN PROVEEDORES. ESTEBAN DEL VALLE GAINZA.
- BALLARD, G. (2000). THE LAST PLANNER SYSTEM OF PRODUCTION CONTROL, SCHOOL OF CIVIL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING, THE UNIVERSITY OF BIRMINGHAM, BIRMINGHAM, U.K.



12. Anexos.

12.1 Anexo 1

DESCRIPCIÓN CADA ENTRADA A OBRA					
N°	Tarea en entrada	% Cumplimiento	Días	Semanas	
1	Soportación, matriz de gases clínicos e instalación de válvulas de línea	100%	12	2,4	3
2	Instalación caja de alarmas y caja de válvulas	80%	6	1,2	2
3	Instalación pipa de tomas de gases clínicos	80%	4	0,8	1
4	Fabricación e instalación de centrales	80%	15	3	3
5	Instalación del resto de tomas, caja de válvulas y alarmas	20%-20%-20%	3	0,6	1
6	Instalación columna	80%	2	0,4	1
7	Pruebas de equipos, terminaciones y entrega equipos secundarios	20% - 20%-100%	8	1,6	2
Plazo y semanas utilizadas para trabajos			50	13	

Tabla N°10: Entradas y su distribución de trabajos en los distintos días y semanas (Antes del proyecto).

Fuente: Elaboración propia.



DESCRIPCION CADA ENTRADA A OBRA					
N°	Tarea en entrada	% Cumplimiento	Dias	Semanas	
1	Soportación, matriz de gases clínicos e instalación de válvulas de línea	100%	12	2,4	3
2	Instalación caja de alarmas y caja de válvulas	80%	6	1,2	2
3	Instalación pipa de tomas de gases clínicos	80%	4	0,8	1
4	Fabricación e instalación de centrales	80%	10	2	2
5	Instalación del resto de tomas, caja de válvulas y alarmas	20%-20%-20%	3	0,6	1
6	Instalación columna	80%	2	0,4	1
7	Pruebas de equipos, terminaciones y entrega equipos secundarios	20% - 20%-100%	8	1,6	2
Plazo y semanas utilizadas para trabajos			45	12	

Tabla N°11: Entradas y su distribución de trabajos en los distintos días y semanas (Después del proyecto).

Fuente: Elaboración propia.



12.2 Anexo 2.

SEPARACIÓN DE ITEMIZADO POR ENTRADA					
N°	Tarea entrada	ITEM	Precio Total.	%	Suma Total Entrega
1	Soportación, matriz de gases clínicos e instalación de válvulas de línea	Soportacion y gastos menores	\$ 1.587.900	\$ 1.587.900	\$ 12.586.401
		Cañerías	\$ 4.917.754	\$ 4.917.754	
		Válvulas	\$ 6.080.747	\$ 6.080.747	
2	Instalación caja de alarmas y caja de válvulas	Caja de Válvulas	\$ 1.981.196	\$ 1.584.957	\$ 6.407.581
		Alarmas de presión y remota	\$ 6.028.280	\$ 4.822.624	
3	Instalación pipa de tomas de gases clínicos	Salidas de gases	\$ 2.201.606	\$ 1.761.285	\$ 1.761.285
4	Fabricación e instalación de centrales	Compresor Aire Triplex	\$ 25.000.000	\$ 20.000.000	\$ 36.040.191
		Bomba Vacío Duplex	\$ 13.500.000	\$ 10.800.000	
		Manifold 2x4 Oxígeno	\$ 6.550.239	\$ 5.240.191	
5	Instalación del resto de tomas, caja de válvulas y alarmas	Caja de Válvulas	\$ 1.981.196	\$ 396.239	\$ 2.042.216
		Alarmas de presión y remota	\$ 6.028.280	\$ 1.205.656	
		Salidas de gases	\$ 2.201.606	\$ 440.321	
6	Instalación columna	Columnas de pabellon	\$ 10.259.160	\$ 8.207.328	\$ 8.207.328
7	Pruebas de equipos, terminaciones y entrega equipos secundarios	Compresor, Bomba y Manifold	\$ 45.050.239	\$ 9.010.048	\$ 18.512.528
		Columna de pabellon	\$ 10.259.160	\$ 2.051.832	
		Equipos secundarios	\$ 7.450.648	\$ 7.450.648	

Tabla N°12: Separación de itemizado por entrada. Fuente: Elaboración propia.

12.3 Anexo 3.

	SEMANAS													
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ingreso		\$ 4.195.467	\$ 4.195.467	\$ 4.195.467	\$ 3.203.790	\$ 3.203.790	\$ 1.761.285	\$ 12.013.397	\$ 12.013.397	\$ 12.013.397	\$ 2.042.216	\$ 8.207.328	\$ 9.256.264	\$ 9.256.264
Costo		\$ -3.692.011	\$ -3.692.011	\$ -3.692.011	\$ -2.819.336	\$ -2.819.336	\$ -1.549.931	\$ -10.571.789	\$ -10.571.789	\$ -10.571.789	\$ -1.797.150	\$ -7.222.449	\$ -8.145.512	\$ -8.145.512
Costo Instalación		\$ -174.811	\$ -174.811	\$ -174.811	\$ -266.983	\$ -266.983	\$ -220.161	\$ -400.447	\$ -400.447	\$ -400.447	\$ -340.369	\$ -2.051.832	\$ -578.516	\$ -578.516
Gastos operacionales		\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058
Gastos generales		\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574
Inversión	\$ -19.086.549													
Anticipo		\$ 28.629.823												
Flujo de Caja	\$ -19.086.549	\$ 28.198.836	\$ -430.987	\$ -430.987	\$ -642.160	\$ -642.160	\$ -768.438	\$ 281.529	\$ 281.529	\$ 281.529	\$ -854.935	\$ -1.826.584	\$ -227.397	\$ -227.397

Tabla N°13: Flujo de Caja de la situación sin proyecto. Fuente: Elaboración propia.

		SEMANAS													
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Ingreso		\$ 4.195.467	\$ 4.195.467	\$ 4.195.467	\$ 3.203.790	\$ 3.203.790	\$ 1.761.285	\$ 18.020.096	\$ 18.020.096	\$ 2.042.216	\$ 8.207.328	\$ 9.256.264	\$ 9.256.264		
Costo		\$ -3.692.011	\$ -3.692.011	\$ -3.692.011	\$ -2.819.336	\$ -2.819.336	\$ -1.549.931	\$ -15.857.684	\$ -15.857.684	\$ -1.797.150	\$ -7.222.449	\$ -8.145.512	\$ -8.145.512		
Costo Instalación		\$ -174.811	\$ -174.811	\$ -174.811	\$ -266.983	\$ -266.983	\$ -220.161	\$ -901.005	\$ -901.005	\$ -340.369	\$ -2.051.832	\$ -578.516	\$ -578.516		
Gastos operacionales		\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058	\$ -381.058		
Gastos generales		\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574	\$ -378.574		
Ahorro Cost. Insta.															\$ 400.447
Ahorro G.O															\$ 381.058
Ahorro G.G															\$ 378.574
Inversión	\$ -19.086.549														
Anticipo		\$ 28.629.823													
Flujo de Caja	\$ -19.086.549	\$ 28.198.836	\$ -430.987	\$ -430.987	\$ -642.160	\$ -642.160	\$ -768.438	\$ 501.775	\$ 501.775	\$ -854.935	\$ -1.826.584	\$ -227.397	\$ -227.397	\$ 1.160.078	

Tabla N°14: Flujo de Caja de la situación con proyecto. Fuente: Elaboración propia.



12.4 Anexo 4.

Elección tasa de descuento: El 10% se ha convertido en una tasa comúnmente utilizada en muchos análisis financieros por varias razones:

- **Costo de oportunidad:** Se asume que el inversionista podría obtener un rendimiento del 10% si ese dinero se invirtiera en una alternativa de inversión con un nivel de riesgo similar. Esta cifra refleja un rendimiento que se considera razonable en comparación con otras oportunidades de inversión.
- **Históricamente relevante:** La tasa del 10% ha sido históricamente vista como un rendimiento razonable para inversiones a largo plazo. No obstante, este número puede variar según las condiciones económicas y las expectativas del mercado.
- **Simplicidad:** El 10% es un número redondo y fácil de usar en cálculos, lo que lo hace práctico y accesible en situaciones donde se requiere simplicidad sin una precisión extrema.

Conversión a tasa de descuento semanal:

$$Tasa\ de\ descuento\ Semanal = (1 + Tasa\ de\ descuento\ anual)^{1/n} - 1$$

$$Tasa\ de\ descuento\ Semanal = (1 + 0,1)^{1/52} - 1 = 0,2\%$$

- Tasa de descuento anual = 10%
- “n” equivale a la cantidad de semanas en un mes que equivale a 52 semanas.



12.5 Anexo 5.



CALENDARIO TRABAJOS A REALIZAR NUEVA IMPERIAL

DESCRIPCION DE LOS TRABAJOS

- 1 INSTALACION DE SOPORTACION
- 2 INSTALACION DE MATRIZ GASES CLINICOS
- 3 PRUEBA DE PRESION MATRIZ
- 4 INSTALACION DE CAJA DE VALVULAS
- 5 PRUEBA DE PRESION GENERAL
- 6 INSTALACION Y TRABAJO EN CENTRALES
- 7 ENTREGA

DIAS																														
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
X	X	X																												
			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X																	
										X	X	X																		
											X	X	X	X	X	X	X	X												
															X	X														
																X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
																												X	X	X

Imagen N°2: Carta Gantt trabajos Hospital Intercultural de Nueva Imperial. Fuente: Nube Altofem.

12.6 Anexo 6

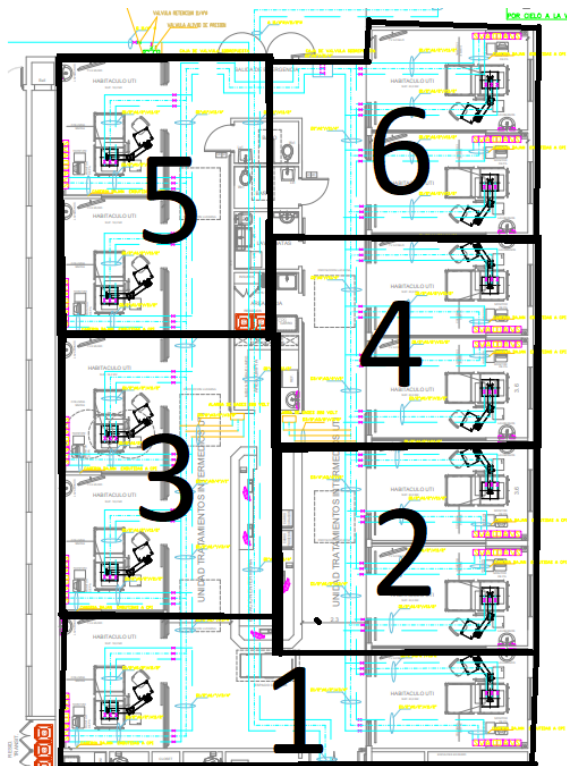



Imagen N°3: Sectorización Salas UTI Hospital Intercultural de Nueva Imperial. Fuente: Elaboración propia.



12.7 Anexo 7.

	INSTRUCTIVO MÉTODO LASTPLANNER SYSTEM PARA PLANIFICACIÓN DE OBRAS. Ref.: IT-01	Verificación:01 Revisión:2023 Pág. 3 de 6
---	---	--

4.1.2 Funcionamiento y fases de LPS

Este es un sistema de planificación llevado a cabo por las personas encargadas de la producción. Divide la programación de obra en partes más pequeñas, con el objetivo de hacerla más intuitiva y entendible por todos los participantes. Se enfoca en producir un flujo de trabajo continuo y sin interrupciones. La planificación se divide en 4 fases:

1. ~~Pull Planning.~~
2. ~~Look Ahead Plan.~~
3. ~~Weekly Plan.~~
4. Seguimiento, PPC.

4.1.2.1 ~~Pull Planning~~, lo que se DEBE hacer.

Este es el punto de partida de la planificación colaborativa. Se realiza con todos los participantes de la obra, y es muy interesante que esté presente el coordinador y supervisor de obras. Se busca establecer la mejor secuencia de oficios y destapar el mayor número de restricciones. El ~~planning~~ se realiza con los tiempos estimados por los responsables de cada oficio, básicamente, es una Carta Gantt detallada de la obra a realizar con sus hitos y plazos para su ejecución (se busca reducir los tiempos de ejecución aumentando la coordinación).



4.1.2.2 ~~Look Ahead Plan~~, lo que se PUEDE hacer.

Es el plan de hitos generado en el ~~Pull Planning~~ desglosado en un período a mediano plazo, es decir, lo que se hará en un rango de 4 ó 6 semanas. Para esto, se utilizará una estrategia de sectorización donde se dividirá la zona a trabajar durante ese período en diferentes sectores y se planificará en qué sectores se trabajará cada semana.

Esta etapa es el motor del sistema y es donde se destapan las restricciones que dan flujo a la obra. Los responsables de los oficios ven cercano el inicio de los trabajos y visualizan mejor las necesidades, por lo tanto, sienten más la necesidad de prepararse para el momento de la ejecución.

Imagen N°4: Fragmento Instructivo LPS para empresa Altofem. Fuente: Elaboración propia.



12.8 Anexo 8.



 CHECK LIST DE COMPONENTES BOMBA DE VACÍO TRIPLEX 30HP- NFPA99 VAC-0322.5 v1			
Item	Descripción del componente	Proveedor	Cant.
1	Bomba de vacío BECKER Modelo: U 4.190 F/K Capacidad: 7.5HP Tipo: Paleta lubricada		1
2	Bomba de vacío BECKER Modelo: U 4.250 F/K Capacidad: 10HP Tipo: Paleta lubricada		2
3	Curva Galvanizada 2"		3
4	Olla con entrada de 2"		3
5	Curva Galvanizada de 1 1/2"		2
6	Tee Galvanizada de 1 1/2"		3
7	Bushing Galvanizado de 1 1/2" a 1/2"		3
8	Niple galvanizado de 1/2"		3

Imagen N°5: Fragmento de Checklist de bomba de vacío de Hospital de Nueva Imperial. Fuente: Elaboración propia.



12.9 Anexo 9.

	INSTRUCTIVO DE SISTEMA DE MEDICIÓN DE EVALUACIÓN DE PROVEEDORES.	Verificación:01 Revisión:2023
	Ref.: IT-02	Pág. 2 de 5

1. OBJETIVO

Evaluar a los proveedores de una manera más estricta con la finalidad de tener indicadores que permitan juzgar a los proveedores y poder identificar cuando será necesario buscar nuevos proveedores o sacar proveedores que no estén rindiendo como se espera.

2. ALCANCE

Esto se aplicará en el ámbito de la gestión de calidad de los proveedores.

3. TERMINOLOGIA

Índice de Fiabilidad (IFE): Corresponde a la cantidad de días o horas de atraso de entrega del producto.

Índice de Retraso (IRE): Corresponde a la cantidad de veces que el proveedor se retrasa con la entrega.


Índice de Calidad (ICE): Corresponde al estado de la entrega, si este vino en buen estado o dañado.

Índice de Precio de Compra (IPC): Corresponde a si fue una compra barata, normal o cara de los distintos productos, con relación a los precios que hay en el mercado.

Índice de Evaluación (IE): Corresponde al número único que permitirá ordenar a los proveedores de mejor a peor considerando los distintos índices sacados anteriormente.

Imagen N°6: Fragmento 1 Instructivo Evaluación de proveedores. Fuente: Elaboración propia.



	INSTRUCTIVO DE SISTEMA DE MEDICIÓN DE EVALUACIÓN DE PROVEEDORES. Ref.: IT-02	Verificación:01 Revisión:2023 Pág. 3 de 5
---	---	--

4. PROCEDIMIENTO

4.1 PROCEDIMIENTO PARA LA EVALUACIÓN.

4.1.1 Inserción de los datos en Planilla de Evaluación.


La planilla consiste en la evaluación de cada pedido entregado por el proveedor según cada índice que representan fiabilidad, retraso, calidad y precio. Luego de evaluado 10 pedidos se procede al cálculo de los índices, y según el valor de estos, el proveedor obtiene un puntaje para cada uno que, finalmente, según a la ponderación que se le otorgue a cada índice se obtendrá el IE.

Nº Pedido	PROVEEDOR X			
	IFE Días de adelanto/retraso	IRE Dato Corregido	ICE Pedido Retrasado	IPC Entregas correctas
Pedido 1			NO	
Pedido 2			NO	
Pedido 3			NO	
Pedido 4			NO	
Pedido 5			NO	
Pedido 6			NO	
Pedido 7			NO	
Pedido 8			NO	
Pedido 9			NO	
Pedido 10			NO	
Sumatoria	0	0	0	0
	Media días	Nº medio % de atrasos	Nº medio % Pedidos correctos	Media de precio por compra
	0	0	0	0
	PUNTUACIÓN			
	100	100	0	0

- o IFE: los datos a insertar corresponderán a la cantidad de días o horas que se retraso el proveedor en la entrega del pedido correspondiente.
- o IRE: los datos a insertar corresponderán a si el pedido vino con retraso o no. Se anota SI o NO según corresponda.
- o ICE: los datos a insertar corresponderán a si el pedido vino con algún producto defectuoso, dañado o si faltó algo en el pedido. Se anota SI o NO según corresponda.

Imagen N°7: Fragmento 2 Instructivo Evaluación de proveedores. Fuente: Elaboración propia.



	<p align="center">INSTRUCTIVO DE SISTEMA DE MEDICIÓN DE EVALUACIÓN DE PROVEEDORES.</p> <p align="center"><u>Ref.: IT-02</u></p>	<p>Verificación:01 Revisión:2023</p> <p align="right">Pág. 4 de 5</p>
---	--	---

- o IPC: los datos a insertar corresponderán a si los productos del pedido fueron a precio barato, medio o caro. Se anotará "1" para BARATO, "2" para MEDIO y "3" para CARO.

4.1.2 Cálculo de IFE, IRE, ICE e IPC.

$$IFE = \frac{\sum N^{\circ} \text{ días de retraso}}{N^{\circ} \text{ total de pedidos (10)}} \quad IRE = \frac{\sum N^{\circ} \text{ retrasos}}{N^{\circ} \text{ total de pedidos (10)}} * 100$$

$$ICE = \frac{\sum N^{\circ} \text{ pedidos completos}}{N^{\circ} \text{ total de pedidos (10)}} * 100 \quad IPC = \frac{\sum \text{Puntaje}}{N^{\circ} \text{ total de pedidos (10)}}$$

NOTA: La planilla hace estos cálculos automáticos.

4.1.3 Asignación de puntaje.

Puntaje IFE:

$0 \leq IFE \leq 1$	100
$1 < IFE \leq 3$	50
$IFE \geq 3$	0

Puntaje IRE:

$0 \leq IRE \leq 20\%$	100
$20\% < IRE \leq 50\%$	50
$50\% < IRE$	0

Puntaje ICE:

DIRECTA.


Puntaje IPC:

$1 \leq IPC \leq 1,7$	100
$1,7 < IPC \leq 2,4$	50
$2,4 < IPC$	0

NOTA: La planilla asigna los puntajes automáticamente.

Imagen N°8: Fragmento 3 Instructivo Evaluación de proveedores. Fuente: Elaboración propia.



	<p align="center">INSTRUCTIVO DE SISTEMA DE MEDICIÓN DE EVALUACIÓN DE PROVEEDORES.</p> <p align="center">Ref.: IT-02</p>	<p>Verificación:01 Revisión:2023</p> <p align="right">Pág. 5 de 5</p>
---	--	--

4.1.4 Asignación de ponderaciones y cálculo de IE.

Una vez asignado el puntaje de cada índice se le debe definir una ponderación a cada índice según el grado de importancia que se le da a cada uno. Luego, la suma de cada índice con sus respectivas ponderaciones da como resultado el IE.

4.1.5 Clasificación de los proveedores.

Luego de obtenido el IE se clasifica a los proveedores según este. Arriba de 85 se considera como EXCELENCIA, entre 60 y 85 se considera como CUMPLIDOR y bajo 60 se considera como DEFICIENTE.

4.2 ASPECTOS A CONSIDERAR EN LA EVALUACIÓN.

- o Definir ponderaciones según área de proveedor y modalidad de entrega de este (presencial o a domicilio)
- o Para la evaluación se debe considerar los 10 últimos pedidos realizados, con el fin de hacer una evaluación más certera.
- o Actualizar información al instante de recibir la factura o el pedido, con la finalidad de estar en una constante evaluación.
- o Un Índice de Evaluación menor o igual a 60 requiere tomar medidas con respecto a ese proveedor, ya que se declarará como deficiente.
- o Medidas se tomarán trimestralmente con el IE que se tiene en ese instante o en casos extremos en que el proveedor repetidamente entregue pedidos deficientes.
- o

Imagen N°9: Fragmento 4 Instructivo Evaluación de proveedores. Fuente: Elaboración propia.