

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Tesis

**Optimización de la gestión de proyectos con la
aplicación de teoría de restricciones, en proyectos de
construcción multidisciplinarios en el sur del Perú**

Alfredo Chura Marca

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2020

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

ASESOR

Mg. Ing. Jonathan Sánchez Paredes

Agradecimiento

A los docentes de la escuela profesional de Ingeniería Mecánica de la Universidad Continental por todo su apoyo y por todos los conocimientos impartidos en toda mi desarrollo profesional, al asesor Mg. Jonathan Sánchez por su apoyo incondicional.

Dedicatoria

Dedico esta tesis a Lidia mi esposa que sin su apoyo no hubiera llegado a este objetivo, a Karen y Dayana la razón de mi existencia, a Lorenzo mi padre a Valeriana mi madre y a mis hermanos que con su apoyo incondicional contribuyeron a la culminación de este objetivo.

ÍNDICE

| | |
|----------------------------------------------------|----------|
| ASESOR | ii |
| Agradecimiento | iii |
| Dedicatoria | iv |
| ÍNDICE | v |
| ÍNDICE DE TABLAS | ix |
| ÍNDICE DE LUSTRACIONES | x |
| RESUMEN | xi |
| ABSTRACT | xii |
| INTRODUCCIÓN | 1 |
| CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO | 2 |
| 1.1 Planteamiento Del Problema | 2 |
| 1.1.1 Problema General | 3 |
| 1.1.2 Problemas Específicos | 3 |
| 1.2 Objetivos | 3 |
| 1.2.1 Objetivo General | 3 |
| 1.2.2 Objetivos Específicos | 3 |
| 1.3 Justificación | 3 |
| 1.3.1 Justificación Práctica | 4 |
| 1.3.2 Justificación Metodológica | 4 |
| 1.3.3 Justificación Económica | 4 |
| 1.4 Hipótesis y descripción de variables | 4 |
| 1.4.1 Hipótesis General | 4 |
| 1.4.2 Hipótesis Específicas | 5 |
| 1.4.3 Variables | 5 |
| 1.4.4 Operacionalización de las Variables | 5 |
| CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO | 7 |
| 2.1 Antecedentes del Problema | 7 |

| | | |
|---------|-------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.1.1 | Diagnóstico Del Proyecto..... | 7 |
| 2.1.1.1 | En tiempo | 7 |
| 2.1.1.2 | En costo | 8 |
| 2.1.1.3 | Proyección del costo al final del proyecto..... | 8 |
| 2.2 | Antecedentes de la Investigación | 9 |
| 2.3 | Bases teóricas | 12 |
| 2.3.1 | Metodologías de gestión de proyectos | 12 |
| 2.3.2 | Gestión de Proyectos por el Método de cadena Crítica | 13 |
| 2.3.2.1 | Definición del CCPM | 13 |
| 2.3.2.2 | Planificación de CCPM..... | 14 |
| 2.3.2.3 | Seguimiento de CCPM..... | 15 |
| 2.3.2.4 | Aplicaciones de CCPM..... | 17 |
| 2.3.2.5 | Resultados de aplicaciones de CCPM | 17 |
| 2.3.2.6 | Principales Ventajas Ofrecidas por el método CCPM | 17 |
| 2.3.2.7 | Principales Inconvenientes del método CCPM..... | 18 |
| 2.3.3 | Teoría de Restricciones | 20 |
| 2.3.3.1 | Tipos de restricciones..... | 20 |
| 2.3.3.2 | Pasos para la implementación de teoría de restricciones | 20 |
| 2.3.3.3 | Aplicaciones en la industria | 21 |
| 2.3.3.4 | Ventajas de TOC | 21 |
| 2.3.4 | Metodología Ishikawa o Causa Raíz..... | 22 |
| 2.3.4.1 | Máquinas..... | 22 |
| 2.3.4.2 | Mano de obra | 22 |
| 2.3.4.3 | Métodos..... | 22 |
| 2.3.4.4 | Materiales..... | 23 |
| 2.3.4.5 | Medio ambiente | 23 |
| 2.3.4.6 | Mediciones | 23 |
| 2.3.5 | Gestión de recursos en proyectos de acuerdo al PMBOK sexta edición..... | 23 |
| 2.3.6 | Productividad | 25 |
| 2.3.6.1 | Productividad laboral o de mano de obra | 25 |
| 2.3.7 | Curva S..... | 26 |

| | | |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 2.4 | Definición de términos básicos | 26 |
| CAPÍTULO III: METODOLOGÍA..... | | 28 |
| 3.1 | Método y Nivel de Investigación | 28 |
| 3.1.1 | Método de Investigación | 28 |
| 3.1.2 | Nivel de Investigación | 28 |
| 3.2 | Diseño de la Investigación..... | 28 |
| 3.2.1 | Tipo de Investigación | 29 |
| 3.2.2 | Alcance de Investigación | 29 |
| 3.3 | Población y Muestra | 29 |
| 3.4 | Técnicas e Instrumentos de recolección de datos..... | 29 |
| 3.5 | Pasos a seguir para el análisis y diseño de la solución..... | 29 |
| 3.5.1 | Descripción y evaluación inicial del proyecto a investigar..... | 29 |
| 3.5.2 | Análisis para determinar y evaluar los tipos de restricciones a controlar en este tipo de proyectos. | 31 |
| 3.5.3 | Desarrollo de cada una de las restricciones | 33 |
| 3.5.4 | Metodología | 35 |
| 3.5.4.1 | EDT del proyecto..... | 35 |
| 3.5.4.2 | Determinación de las restricciones del proyecto. | 35 |
| 3.5.4.3 | Criticidad y jerarquización de restricciones | 35 |
| 3.5.4.4 | Reevaluación y asignación de prioridades para el levantamiento de restricciones | 36 |
| 3.5.4.5 | Seguimiento de liberación de restricciones | 36 |
| 3.5.5 | Aplicación de la metodología | 37 |
| 3.5.5.1 | EDT del proyecto..... | 37 |
| 3.5.5.2 | Determinación de restricciones del proyecto..... | 51 |
| 3.5.5.3 | Criticidad y jerarquización de restricciones | 56 |
| 3.5.5.4 | Reevaluación y asignación de prioridades para el levantamiento de restricciones..... | 64 |
| 3.5.5.5 | Seguimiento de liberación de restricciones | 72 |
| 3.6 | La metodología aplicada y la mejora continua | 75 |

| | |
|---------------------------------------------------------|-----------|
| CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN..... | 76 |
| 4.1 Resultados finales de la metodología aplicada | 76 |
| 4.2 Prueba hipótesis..... | 78 |
| 4.2.1 Paso 1: Redacción de la hipótesis | 78 |
| 4.2.2 Paso 2: Identificación de la significancia..... | 78 |
| 4.2.3 Paso 3: Pruebas a escoger..... | 79 |
| 4.2.4 Paso 4: Análisis estadístico | 79 |
| 4.3 Discusión de resultados | 80 |
| | |
| CONCLUSIONES | 82 |
| RECOMENDACIONES | 84 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... | 85 |
| ANEXOS | 88 |
| ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA..... | 88 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | | |
|-----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabla 1. | Operacionalización de variables..... | 5 |
| Tabla 2. | Porcentaje de avance del proyecto y productividad a los 60 días de haber iniciado el proyecto..... | 7 |
| Tabla 3. | Costos a los 60 días de haber iniciado el proyecto | 8 |
| Tabla 4. | Proyección de costos a los 60 días después de haber iniciado el proyecto..... | 8 |
| Tabla 5. | Resultados de pruebas realizadas con la aplicación de las 4 áreas de restricciones a controlar | 33 |
| Tabla 6. | Análisis de restricciones a los 60 días de haber iniciado el proyecto..... | 52 |
| Tabla 7. | Selección de restricciones por áreas..... | 56 |
| Tabla 8. | Cantidad de restricciones por áreas, porcentajes ponderados y acumulados | 63 |
| Tabla 9. | Priorización de restricciones..... | 65 |
| Tabla 10. | Porcentaje de avance del proyecto y productividad después de 51 días de haber aplicado la metodología..... | 77 |
| Tabla 11. | Factores de costo mejorados a los 51 días después de haber aplicado la metodología..... | 77 |
| Tabla 12. | Resultados finales del proyecto..... | 78 |
| Tabla 13. | Prueba Chi cuadrado Tabla de contingencia..... | 79 |
| Tabla 14. | Cálculo de la frecuencia esperada | 80 |
| Tabla 15. | Calculo de la Chi Cuadrada..... | 80 |

ÍNDICE DE LUSTRACIONES

| | | |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Ilustración 1. | Curva S del Proyecto | 9 |
| Ilustración 2: | Diagrama Fever Chart..... | 16 |
| Ilustración 3. | Descripción general de la gestión de los recursos del proyecto según el PMI | 24 |
| Ilustración 4. | Foto evidencia de aplicación de áreas de control | 32 |
| Ilustración 5. | Foto evidencia de aplicación de áreas de control | 32 |
| Ilustración 6. | Cronograma de proyecto | 50 |
| Ilustración 7. | Cuadro de pesos ponderados de restricciones por áreas..... | 64 |
| Ilustración 8. | Flujo de liberación de restricciones | 74 |

RESUMEN

El éxito de un proyecto es la entrega final de este en el tiempo proyectado y el costo proyectado, es así como lo exigen estos tiempos modernos, sin embargo podemos ver que cada vez se presentan proyectos que no están completamente desarrollados y algunas veces se ejecutan proyectos FastTrack (mecanismo de proyectos acelerado) esto hace que muchas veces los alcances del proyecto no estén completamente establecidos y esta es una de las causas que hacen que los proyectos no sean rentables.

El objetivo general de esta investigación, fue optimizar la gestión de proyectos tomando como base la teoría de restricciones, para obtener resultados satisfactorios proyectados al inicio del proyecto.

La metodología que se desarrolló se basa en el análisis de restricciones, analizadas detalladamente y separadas por áreas, esto con el único objetivo de tener una mejor gestión de las mismas y poder obtener resultados satisfactorios en costo y tiempo.

En el capítulo III se desarrolló los pasos a seguir para la solución del problema y se aplicó la metodología para la mejora de la gestión de un proyecto multidisciplinario realizado en el sur del Perú, cuya proyección de resultados a los 60 días de haber iniciado el mismo eran negativos en costo y tiempo (se proyectó un 5% de pérdida).

Luego de la aplicación de la metodología, en el Capítulo IV se muestran los resultados obtenidos después de la aplicación, se obtuvieron buenos resultados en costo y tiempo; el resultado final en costo fue del 15% como utilidad del proyecto.

Palabras clave: Teoría de restricciones, restricciones, productividad, rentabilidad, atraso.

ABSTRACT

In view of the current reality, today the success of a project is the final delivery in the projected time and the projected cost. But every time projects are presented that are not completely complete, which would be the ideal, and sometimes Fast Track projects are executed (this means that the scope of the project is often not fully established and this is one of the causes for that the projects are not profitable).

The general objective of this research was to optimize project management based on the theory of constraints, to obtain satisfactory results projected at the beginning of the project.

The specified methodology is based on the analysis of restrictions, specifically analyzed and separated by areas, this with the sole objective of having a better management of the same and being able to obtain satisfactory results in cost and time.

In Chapter III, verify the steps to be followed to solve the problem and applied the methodology to improve the management of the multidisciplinary project carried out in southern Peru, whose projection of results 60 days after starting it were negative in cost and time (a 5% loss was projected).

Then, from the application of the methodology, in Chapter IV, the results obtained after the application were defined, good results were obtained in cost and time, the final cost result was 15% as project profit.

Keywords: Theory of restrictions, restrictions, productivity, profitability, delay.

INTRODUCCIÓN

Una de las buenas prácticas utilizadas en la dirección de proyectos a nivel mundial, es la determinada por el Project Management Institute (PMI), la guía para la dirección de proyectos es el PMBOK que actualmente se encuentra en su sexta edición. En su quinta edición el PMBOK sitúa al CCPM en los procesos de desarrollo del cronograma y control del cronograma en una forma general; en esta investigación se toma como base la teoría de restricciones aplicado por el Dr. Eliyahu M. Goldratt en su libro “La Meta”.

En vista de la realidad, actualmente en la ejecución de proyectos se debe de cumplir con la entrega del proyecto en el tiempo previsto y con los costos previstos. Pero cada vez se hace más difícil conseguir estos resultados porque normalmente se presentan proyectos Fast Track (mecanismo de proyectos acelerado); esta necesidad hace que se mejoren las metodologías existentes con el único objetivo de conseguir resultados satisfactorios.

Es este estudio de investigación, se observa como la metodología que toma como base el análisis de restricciones, ayuda a mejorar los resultados económicos de un proyecto multidisciplinario; realizando una metodología de análisis de restricciones por áreas y haciendo un seguimiento y control detallado de las restricciones.

Esta investigación está desarrollada en cuatro capítulos. El Capítulo I se describe el problema que existe actualmente en la ejecución de proyectos y se plantea aplicar una metodología en base a la teoría de restricciones para así poder obtener resultados satisfactorios en costo y tiempo. El Capítulo II se refiere a los antecedentes nacionales e internacionales aplicando la teoría de restricciones y las bases teóricas para la investigación. En el Capítulo III se plantea y se desarrolla la metodología. En el Capítulo IV se expone los resultados obtenidos con la metodología aplicada, se realiza la prueba hipótesis y la discusión de resultados. Finalmente, se describen las conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1 Planteamiento Del Problema

Actualmente existe una buena práctica para la dirección de proyectos determinada por el PMI (Project Management Institute), dentro de esta se incluye el CCPM (Critical Chain Project Management); esta metodología está basada en la metodología de restricciones expuesta por Eliyahu M. Goldratt en su libro Cadena Crítica. Esta metodología es aplicada en un 6% a nivel mundial en proyectos de construcción. Actualmente no se cuenta con una metodología que separe las restricciones por áreas y que realice una gestión de las mismas y que nos pueda ayudar en la gestión de proyectos.

Se propone aplicar como base la teoría de restricciones, porque es una metodología que trata puntualmente las restricciones de una determinada línea de producción y que, una vez liberada la restricción vuelve a realizar un nuevo análisis para poder encontrar una nueva restricción y así seguir un proceso de mejora continua durante una determinada línea de producción.

Actualmente existe un problema en la gestión de proyectos con los tiempos de entrega y costos, en una encuesta mundial de construcción en el 2015 (KPMG 2015^a) se revela que solo el 31% de proyectos se entregan de acuerdo al costo presupuestado con una desviación asumible del 10%, y que el 25% de las obras se concluyen en el tiempo con una variación del 10% como límite.

El problema expuesto en la investigación realizada es que a los 60 días de haber iniciado el proyecto, se proyectaba una pérdida del 5%, con un atraso del 4.02%, con una productividad del 0.61

1.1.1 Problema General

¿En qué medida optimizando la gestión de proyectos tomando como base la teoría de restricciones se hace rentable un proyecto?

1.1.2 Problemas Específicos

- ¿Cómo aumentar la productividad de 0.61 a 0.8 separando las restricciones por áreas?
- ¿Cómo cumplir con los plazos y la utilidad proyectada estableciendo la metodología de análisis de restricciones en un proyecto tomando como base la teoría de restricciones?

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Optimizar la gestión de proyectos tomando como base la teoría de restricciones, para hacer proyectos rentables.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Aumentar la productividad de 0.61 a 0.8 separando las restricciones por áreas.
- Cumplir con los plazos y la utilidad proyectada de un proyecto tomando como base la teoría de restricciones.

1.3 Justificación

Actualmente según la información obtenida solo el 6.0% en el mundo, aplica la teoría de restricciones para proyectos de construcción mediante la metodología CCPM.

En estos tiempos se ejecutan proyectos Fast Track (mecanismo de proyectos acelerado), como consecuencia de esto, la mayor parte de clientes

solicitan que los proyectos sean culminados en los plazos establecidos; pero esta condición en algunas ocasiones es contradictoria porque para poder culminar los proyectos en los plazos establecidos y con los costos proyectados se debe de contar con todos los alcances e información al 100%, esto es lo ideal. En la práctica esto no sucede, y es por este motivo que se debe de mejorar las metodologías existentes para que se puedan cumplir con los plazos establecidos y con los costos proyectados, para hacer que los proyectos sean rentables.

1.3.1 Justificación Práctica

Se aplicará esta justificación, porque esta ayudará a resolver un problema, aplicando una metodología que ayudara a resolver este. A la vez ayudará a prevenir problemas futuros mediante el análisis de restricciones realizado durante toda la ejecución de un determinado proyecto.

1.3.2 Justificación Metodológica

Porque la metodología de gestión de proyectos basado en la teoría de restricciones, servirá como una nueva herramienta para la ejecución de proyectos y con la ayuda de esta se obtendrá resultados satisfactorios.

1.3.3 Justificación Económica

Porque con la ayuda de la metodología aplicada basada en la teoría de restricciones, se mejorará la productividad en 0.19 y por consiguiente la rentabilidad del proyecto en investigación en un 20%.

1.4 Hipótesis y descripción de variables

1.4.1 Hipótesis General

- Hi: Aplicando la metodología de gestión de proyectos basado en la Teoría de Restricciones, SE obtendrá proyectos rentables.
- Ho: Aplicando la metodología de gestión de proyectos basado en la Teoría de Restricciones, NO se obtendrá proyectos rentables.

1.4.2 Hipótesis Específicas

- Ha1: Es posible aumentar la productividad separando las restricciones por áreas.
- Ho1: No es posible aumentar la productividad separando las restricciones por áreas.
- Ha2: Es posible cumplir con los plazos y la utilidad proyectada.
- Ho2: No es posible cumplir con los plazos y la utilidad proyectada.

1.4.3 Variables

1.4.3.1 Variable Independiente

- Metodología de gestión de proyectos basado en la teoría de restricciones.

1.4.3.2 Variable Dependiente

- Productividad
- Rentabilidad

1.4.4 Operacionalización de las Variables

En la tabla 1 se muestra la operacionalización de las variables independientes y dependientes

Tabla 1.

Operacionalización de variables

| Tipo | Variables | Definición Conceptual | Dimensión | Indicadores |
|-------------|------------------|------------------------------|------------------|--------------------|
|-------------|------------------|------------------------------|------------------|--------------------|

| | | | | |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------------------|
| Independiente | Metodología de gestión de proyectos basado en la teoría de restricciones. | Consiste en planificar, programar y mantener la cadena crítica durante el proyecto para maximizar el tiempo de trabajo del cuello de botella y determinar de manera eficiente los inventarios para los pasos fundamentales del proyecto. | Cumplimiento del plazo contractual. | Índice de rendimiento de cronograma (SPI). |
| | | | Costo estimado del proyecto. | Índice de rendimiento de costo (CPI). |
| Dependiente | Productividad | La productividad es el valor del producto por unidad de insumo | Productividad de equipos | Productividad |
| | | | Productividad de mano de obra | |
| | Rentabilidad | Es la capacidad de generar utilidad en cualquier negocio o proyecto | Rentabilidad de equipos | Rentabilidad económica |
| | | | Rentabilidad de mano de obra | |

Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes del Problema

2.1.1 Diagnóstico Del Proyecto

Luego de haber pasado 60 días del plazo contractual del proyecto en investigación, los datos obtenidos a esta fecha de corte fueron:

2.1.1.1 En tiempo

Como se puede observar en la tabla 2. La productividad es 0.61 y es relativamente bajo.

Tabla 2.

Porcentaje de avance del proyecto y productividad a los 60 días de haber iniciado el proyecto.

| | Tiempo |
|----------------|--------|
| % Programado | 15.04% |
| % Reprogramado | 15.04% |
| % Real | 11.02% |
| Desviación | -4.02% |
| Productividad | 0.61 |

Fuente: Elaboración propia

2.1.1.2 En costo

En la tabla 3. Se puede observar que el costo real es mucho mayor al costo proyectado, se tuvo una diferencia de S/. 132,356.53 debido a esto el CPI es de 0.69 por esto se proyecta una perdida.

Tabla 3.

Costos a los 60 días de haber iniciado el proyecto

| Costo | |
|--------------------------------------|--------------------|
| Monto contractual | S/. 13, 194,696.83 |
| Costo proyectado a la fecha de corte | S/. 1, 984,482.40 |
| Costo real a la fecha de corte | S/. 2, 116,838.93 |
| CPI | 0.69 |
| SPI | 0.73 |

Fuente: Elaboración propia

2.1.1.3 Proyección del costo al final del proyecto

En la tabla 4. Se observa la perdida proyectada S/. 662,783.34 esto correspondería a un 5%.

Tabla 4.

Proyección de costos a los 60 días después de haber iniciado el proyecto

| Final del Proyecto | |
|-----------------------------|--------------------|
| Monto contractual | S/. 13, 194,696.83 |
| Costo al final del proyecto | S/. 13, 857,480.17 |
| Utilidad | -S/. 662,783.34 |
| % utilidad | -5 % |

Fuente: Elaboración propia

Cabe señalar que la programación del proyecto, el control de la productividad para el proyecto de investigación, fue elaborado en base a las Hora Hombre presupuestadas (programadas) y Hora Hombre, gastadas esto para alinear en una sola unidad de medida todas las cantidades valorizables.

- Para el caso de la productividad la fórmula utilizada es:

$$Productividad = \frac{HH \text{ ganadas}}{HH \text{ gastadas}}$$

$$Productividad = \frac{13,604.12}{22,419.00} = 0.61$$

- Para el caso del avance del proyecto se utiliza la curva S. En la ilustración 1 Se muestra el avance del proyecto a la fecha de corte indicada.

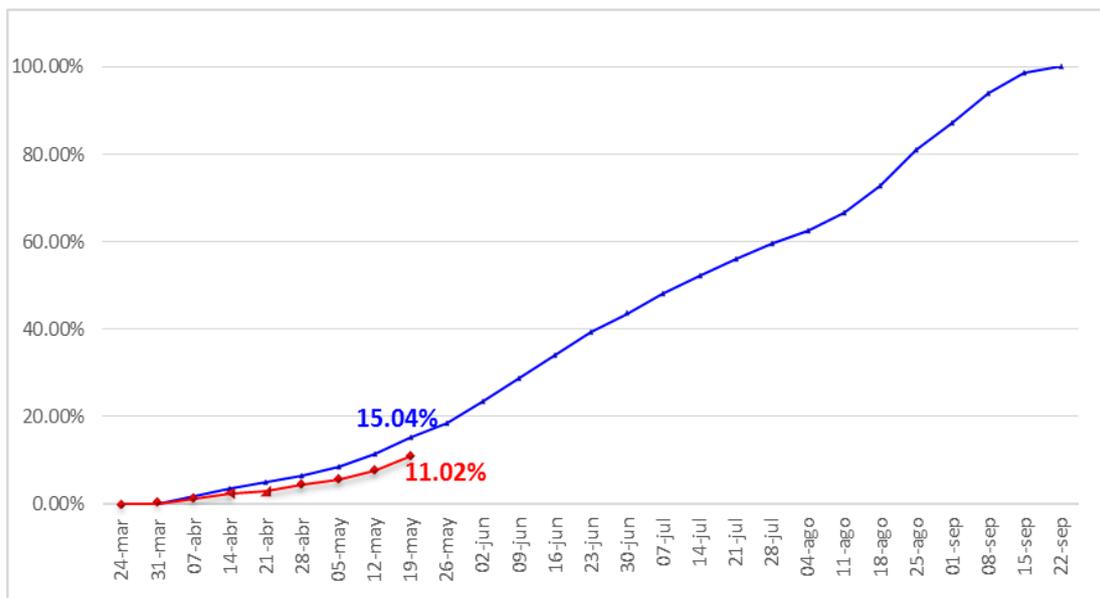


Ilustración 1. Curva S del Proyecto

Fuente: Elaboración propia

2.2 Antecedentes de la Investigación

Gómez, y otros (2009) en su artículo “Gestión de Proyectos con Teoría de Restricciones Aplicada al Área Técnica de La Compañía Construcciones y Servicios S. A. pretenden evidenciar la experiencia de Construcciones y Servicios S.A.” El grupo Dinpro Construcciones y Servicios se dedican al diseño, construcción, montaje y mantenimiento de proyectos industriales y logísticos; la compañía Construcciones y Servicios se concentran en los

proyectos de construcción, su montaje, mantenimiento y es esta la organización en la que se desarrolla el trabajo objeto de este artículo. Una de las actividades más importantes dentro de la ejecución de proyectos de construcción es asegurar que los contratistas estén preparados para ejecutar lo contratado en el momento programado y con las características pactadas, pero depende del equipo de trabajo de la obra hacer las contrataciones a tiempo antes del día de inicio de cada actividad; no obstante, en el medio no existen herramientas de seguimiento y control que permitan asegurar la eficacia en la contratación para que se realice de manera oportuna. Este artículo pretende entonces evidenciar la experiencia de Construcciones y Servicios S. A. en la aplicación de los elementos propios de la solución para gerencia de proyectos de TOC (Theory of Constraints o Teoría de restricciones, Cadena Crítica) a la gestión de la contratación ejecutada como un proyecto con resultados exitosos.

Trojanowska, y Otros, (2017) en su artículo “Application of the Theory of Constraints For Project Management” mencionan que La gran variabilidad de los factores internos y externos es un problema grave que dificulta la gestión de la producción. Para cumplir con los estándares y al mismo tiempo garantizar la viabilidad de producción es necesario responder rápidamente a los problemas que surgen durante la producción, procesos y para corregir adecuadamente los planes. Las medidas tomadas en la gestión de la producción de pedidos hechos a menudo son únicas y, por lo tanto, se parecen a las características de gestión de proyectos. En este artículo se discute el método de gestión de proyecto derivado de la teoría de restricciones – CCPM; el documento describe un algoritmo original para la implementación de CCPM y presenta los resultados de una implementación exitosa de CCPM en una empresa de la región de Wielkopolska; concluye que con la implementación de CCPM resulto en una mejor oportunidad de entrega de pedidos, comunicación mejorada y estandarización de procesos relacionados con entrega de pedidos.

Quispe, y otros (2016) en su tesis de titulación “Reingeniería del Plan de Gestión de Riesgos Actual del Proyecto: Edificio Multifamiliar Montesol Evaluando las Partidas de Casco Estructural y Aplicando la Teoría de Restricciones en la Identificación de Riesgos” Su objetivo es desarrollar una

adecuada Gestión de Riesgos en los proyectos. Indica a la vez que los lineamientos y los procedimientos a seguir están dados en la guía del PMBOK, pero ya sea por desconocimiento o por prejuicios sobre su aplicación, no son puestos en práctica. Es a raíz de ello que nace el interés de realizar esta investigación relacionada a la Gestión de Riesgos, dando a conocer los conceptos, procedimientos y herramientas mediante su aplicación en un proyecto de edificación ubicado en la ciudad de Arequipa. El proyecto a analizar es el “Edificio Multifamiliar Montesol” llevado a cabo por la empresa inmobiliaria INMUSOR S.A. de tal proyecto se realizará la identificación de riesgos que afecten al costo, al tiempo y a la productividad, el análisis cualitativo y cuantitativo, las respuestas a los riesgos y el control y seguimiento de los riesgos; concluye que luego de haber evaluado el proyecto investigado y haber realizado un análisis cualitativo y cuantitativo de riesgos, indica que no se podrá lograr cumplir con los objetivos de tiempo y costo estipulado inicialmente. Por este motivo aplica la gestión de riesgos al proyecto investigado. Y luego de esta aplicación logra reducir el incremento del tiempo de ejecución de un 11% a un 6%; en cuanto al costo, será necesario incrementar el mismo en un 3%; a la vez indica que se debería de obtener un registro de los riesgos más incidentes y lecciones aprendidas para que puedan servir en futuros proyectos de naturaleza similar.

Vázquez (2018) En su tesis de doctorado “Aplicación del Método de la Cadena Crítica al Sector Construcción” El objetivo del estudio es analizar las posibilidades que presenta el método de la cadena crítica (CCPM), de contrastada eficacia dentro de los procesos productivos en el entorno de la Ingeniería Civil, comprendiendo las situaciones, necesidades o problemas derivados de su empleo al trabajar con este método en el ambiente real de las obras desde su inicio hasta su conclusión. Con la finalidad de poder conocer la viabilidad y beneficios de la aplicación del modelo de planificación y seguimiento de proyectos elaborado en base al procedimiento de la cadena crítica, se han utilizado tres obras de ingeniería civil y desde distintos puntos de vista de análisis, para su puesta en práctica. Tras examinar los resultados obtenidos, concluye con la presentación de un modelo apoyado en el método

de la cadena crítica como un mecanismo eficaz, flexible y focalizado para el control de futuros proyectos.

2.3 Bases teóricas

En esta parte se desarrolla y fundamenta en las siguientes bases teóricas:

2.3.1 Metodologías de gestión de proyectos

- **El Diagrama de Gantt**

Este diagrama fue creado por el Ing. norteamericano Henry L. Gantt con el único objetivo de resolver el problema de la programación de actividades.

Este gráfico es un sistema de coordenadas donde se puede observar:

- En el eje X: se muestra un calendario en diferentes unidades, de acuerdo a la aplicación puede ser por mes, días. Horas, etc.
- En el eje Y: Se muestran las actividades a desarrollar de un determinado proyecto de acuerdo al nivel de detalle que se necesita.

Según Hinojosa (2003) en su artículo Producción, procesos y operaciones indica:

El gráfico de Gantt se presta para la programación de actividades de la más grande especie, desde la decoración de una casa hasta la construcción de una nave. Desde su creación ha sido un instrumento sumamente adaptable y de uso universal, dada su fácil construcción.

En el desarrollo de un proyecto es común que se disponga de recursos limitados para la ejecución de actividades. El gráfico de Gantt permite identificar la actividad en que se estará utilizando cada uno de los recursos y la duración de esa utilización, de tal modo que puedan evitarse periodos ociosos innecesarios y se dé también al

administrador, una visión completa de la utilización de los recursos que se encuentran bajo su supervisión.

- CPM (Critical Path Method)

Kelley (1961) indica que este método también conocido como camino crítico, es un algoritmo utilizado para calcular los tiempos y plazos para la planificación de proyectos.

Según (Nieto y otros 2016) indican que:

Este sistema de cálculo conocido por sus siglas en inglés CPM (Critical Path Method), fue desarrollado por un centro de investigación de operaciones de Dupont y Remington Rand, buscando el control y la optimización de costos, mediante la planificación y programación adecuadas de las actividades componentes del proyecto (p.15)

- Gestión de proyectos por el Método de la Cadena Crítica

El Método de la Cadena Crítica o Critical Chain Project Management (CCPM) donde se analiza la planificación y la gestión del cronograma de proyectos, fue desarrollado por el Dr. Eliyahu M. Goldratt en su libro "Critical Chain" publicado en el año 1997.

2.3.2 Gestión de Proyectos por el Método de cadena Crítica

2.3.2.1 Definición del CCPM

Este método de gestión de proyectos (Critical Chain Project Management) se desarrolla en base al libro "Cadena Crítica" del Dr. Eliyahu M. Goldratt publicado en el año 1997, el libro fue aplicado netamente a la gestión de restricciones en proyectos.

Cadena crítica significa que, todas las tareas codependientes deben tomar el camino más largo para poder completarse teniendo en cuenta las restricciones de los elementos del sistema.

CCPM consiste en planificar, programar y mantener la cadena crítica durante el proyecto, para maximizar el tiempo de trabajo del cuello de botella y determinar de manera eficiente los inventarios para los pasos fundamentales del proyecto.

CCPM tiene en cuenta los ambiciosos tiempos de ejecución de tareas y elimina los márgenes de seguridad individuales, agregando un tiempo de almacenamiento al final del proyecto, que permite una gestión y evaluación sin problemas del progreso del proyecto.

2.3.2.2 Planificación de CCPM

- Fase 1 Construir la red de actividades

En esta fase se debe de determinar toda la red de actividades a incluir en el proyecto, esta debe de tener una secuencia lógica y debe de tener relación entre las mismas.

- Fase 2 Asignar recursos

La segunda fase consta en asignar recursos a cada una de las actividades, se debe de asignar recursos de acuerdo a la disponibilidad, limitaciones y secuencia de uso.

- Fase 3 Estimar la duración real de actividades

Para esta parte se debe de verificar el alcance real y de acuerdo a este se debe de estimar la duración real de cada una de las actividades.

- Fase 4 Proteger la planificación contra la incertidumbre

Una vez completado la fase 3, debemos de proteger esta duración real para esto, se incluyen amortiguadores en algunos puntos estratégicos con el único fin de proteger la fecha de finalización del proyecto ante probables problemas que se podrían presentar durante la ejecución del proyecto.

Para este fin esta metodología hace uso de diferente Buffers; un Buffer es algo ficticio (un tiempo de mas) que se le da a cada una de las actividades estratégicas.

- Buffer de proyecto (PB).- este es aplicado a la ruta crítica con el único fin de poder compensar cualquier probable desviación generada por alguna restricción.

- Buffer de alimentación (FB).- Este es aplicado a las actividades que no son parte de la ruta crítica, con el único fin de poder compensar cualquier probable desviación generada por alguna restricción.
- Buffer de recurso (RB).- Este es aplicado en un punto específico del cronograma donde este recurso participa en la cadena crítica, y la actividad predecesora es realizada con un recurso diferente.
- Fase 5 Sincronizar las tareas
García (2017) indica “La secuencia de actividades que conforman la cadena crítica obtenida mediante la aplicación del CCPM, establecen el tiempo estimado de la duración total del proyecto. Por este motivo, esta ruta debe de programarse lo más pronto posible (as son as posible –ASAP) para evitar retrasos en la fecha de conclusión”. (pp. 84.85)
- Fase 6 Construir la red de actividades
En esta fase, se desarrolla la secuencia de actividades y se evalúa las duraciones de las mismas, los recursos y las restricciones del cronograma del proyecto.
Con la construcción de esta red de actividades determinaremos la fecha final del proyecto.

2.3.2.3 Seguimiento de CCPM

El seguimiento y control de un proyecto es muy importante por la incertidumbre que se crea en cada etapa de la ejecución, esto hace que el gerente de proyecto tenga que realizar una constante verificación y validación del avance del proyecto, a fin de tomar decisiones preventivas y correctivas para salvaguardar la línea base del proyecto.

Controlar el cronograma es el proceso de monitorear el estado de las actividades del proyecto y gestionar los cambios de la línea base del cronograma, a fin de cumplir el plan; el beneficio clave de este proceso, es que proporciona los medios para detectar desviaciones con respecto al plan,

establecer acciones correctivas y preventivas para minimizar el riesgo. (PMI, 2013).

El objetivo de realizar un seguimiento continuo de la línea base programada, es conocer el avance en tiempo real con el único objetivo de:

- Determinar los factores restrictivos
- Determinar los cambios a realizar en la línea base.
- Realizar los cambios necesarios en el lugar y tiempo adecuado

En el método de la cadena crítica, el seguimiento y control del proyecto se realiza a partir de la relación entre el grado de consumo de los buffers y el grado de avance de las cadenas que amortiguan (Goldratt, 2001).

En esta metodología es necesario tener en cuenta siempre que los Buffers no son considerados como colchones de tiempo, de lo contrario son elementos básicos considerados en la programación del proyecto. Estos definitivamente deben de gastarse siempre en cuando se tenga un buen control del proyecto.

Las hojas de control que se usan para el seguimiento de proyectos ejecutados con la metodología CCPM se denominan Fever Chart.

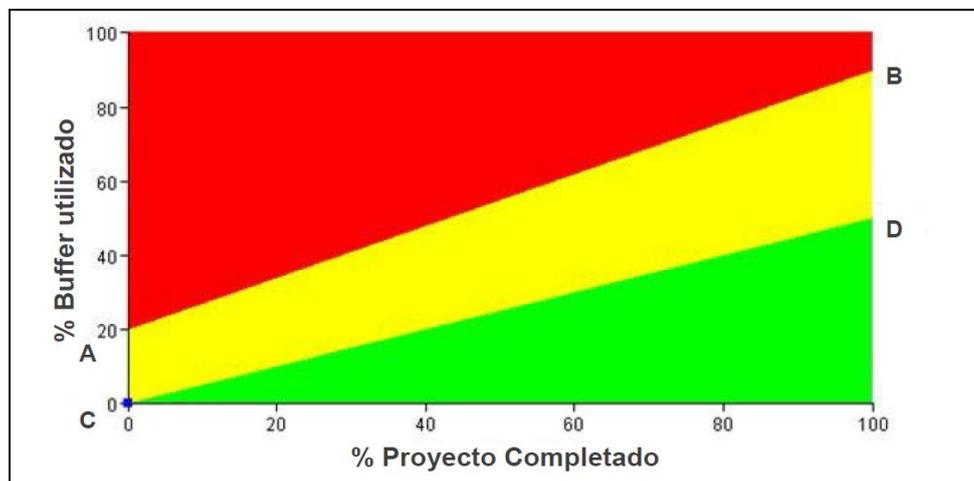


Ilustración 2: Diagrama Fever Chart

Fuente: (VÁZQUEZ, et al., 2017)

Estas hojas en el eje X nos muestran el avance del proyecto y en el eje Y nos muestran el consumo de los Buffer que se ha consumido en el proyecto.

Como podemos observar, el gráfico está compuesto por 3 áreas:

- Área Roja significa Corregir
- Área Amarilla significa Planificar
- Área Verde Significa Observar

2.3.2.4 Aplicaciones de CCPM

Del 100% de estudios referidos a CCPM, solo el 13% de los mismos son estudios de casos aplicación de CCPM publicados a nivel mundial y en este 13% solo 17 son estudios aplicados al sector construcción, la gran mayoría de estos fueron realizados en la india. (GARCIA, 2018 pág. 120)

2.3.2.5 Resultados de aplicaciones de CCPM

García (2018) en su tesis indica que en los tres casos de estudio: Los resultados obtenidos tras la implementación del sistema de gestión de proyectos desarrollado, bajo la estructura y los principios de CCPM, muestran mejoras significativas en las fases de planificación y control con respecto a los métodos tradicionales empleados en la actualidad en el sector construcción, donde en algunos casos ni siquiera se utilizan. Además, las obras de estudio no solo finalizaron dentro de alguno de los cronogramas calculados, sino que también terminaron antes de los tiempos previsto, concluyendo de manera satisfactoria. (GARCIA, 2018 pág. 219)

2.3.2.6 Principales Ventajas Ofrecidas por el método CCPM

Dentro de las ventajas del método CCPM líneas abajo se mencionan 5 de las más importantes:

- “Enfoca la atención en pocos puntos: A nivel general la referencia será el recurso más cargado de la empresa, mientras que a nivel de un proyecto lo será la cadena crítica. En la ejecución el referente para la gestión lo construirá un conjunto de los buffers, así como las prioridades relativas entre proyectos” (DE JESUS, et al., 2012 p. 60).
- “Facilita la comprensión del mismo por parte de todos, pudiendo tratarse de personas de muy diferentes categorías profesionales que deben compartir los mismos criterios” (DE JESUS, et al., 2012 p. 60).

- La sistemática de funcionamiento también es sencilla al serlo el método entre sí, mientras una operativa diaria compleja podría suponer un progresivo deterioro de su uso debido a la dificultad de mantenerlo en el tiempo (DE JESUS, et al., 2012 p. 60).
- La construcción de la organización necesaria para la gestión del sistema es sencilla, ya que si bien será diferente en cada caso (adaptada a las necesidades concretas del mismo), se trata siempre de un patrón similar (DE JESUS, et al., 2012 p. 60).
- El proceso de implantación es rápido, no requiere de un periodo prolongado en situación intermedia entre ambos modelos de gestión de proyectos (DE JESUS, et al., 2012 p. 60).

2.3.2.7 Principales Inconvenientes del método CCPM

Al igual que otras metodologías este método tiene muchas ventajas y estas son un beneficio para proyectos de cualquier clase. Pero también este método cuenta con algunos inconvenientes. Los principales son:

- Duración de actividades y márgenes de seguridad.
En la actualidad no existe ningún método para poder estimar los márgenes de seguridad; por consiguiente, no se puede asegurar si efectivamente los márgenes de seguridad contemplados van a ser los correctos y estos nos puedan garantizar completar la actividad en un 100%.
- Uso de amortiguadores en las etapas de planificación y control.
Como sabemos los amortiguadores son las holguras que nos damos en las diferentes etapas que componen la cadena crítica. Inicialmente en la etapa de planificación; sin embargo, durante la ejecución de un proyecto no se puede determinar cuánto menor debería de ser el tiempo de culminación de una determinada tarea y poder llegar al punto óptimo de eficiencia.

Durante la etapa de control se incrementan los problemas porque:

Si se considera que, en base a esta metodología, las actividades que deben priorizarse, las que pueden causar retrasos e impactar en los resultados globales de proyecto son las que mayor proporción de buffer han necesitado utilizar para su consecución. Sin embargo, en la práctica, existen otros factores que han de tenerse en cuenta ya que su relevancia podría ser mayor; es el caso de las entregas cuyo retraso este sujeto a una penalización económica mayor, circunstancia que, independientemente de su proporción de uso del amortiguadores, las convierte en prioritarias automáticamente (Online Business School, 2014 p. 27)

- Utilización de recursos

En esta metodología no se puede utilizar un mismo equipo para diferentes actividades en simultáneo de lo contrario tiene que ser en forma sucesiva en la revista (Online Business School, 2014) indica con respecto a este parte:

Esta observación puede parecer lógica, induce a pensar que se logra mayor concentración y se minimizan los errores y, sin embargo, los estudios demuestran lo contrario: sacar adelante dos y hasta tres tareas al mismo tiempo optimiza los resultados individuales, tanto en productividad como en desempeño y nivel de atención al detalle (p.28).

- Gestión de multi-proyectos

Esta metodología no está preparada para poder gestionar multi-proyectos en la revista (Online Business School, 2014) indica:

Cuando se parte de la teoría de las limitaciones al aplicar el método de la cadena crítica en una gestión de multi-proyectos es factible encontrarse con que algunas restricciones que ocasionan una contraposición de intereses; en estos casos la metodología no está preparada para un despliegue de opciones que minimicen el riesgo y clarifiquen la senda a tomar (p.28).

- Adopción del método

Una de los inconvenientes preponderantes en la implementación de esta metodología es el esfuerzo y el tiempo que se tiene que dedicar hasta cambiar la mentalidad de todos los integrantes de la empresa.

2.3.3 Teoría de Restricciones

Esta teoría fue expuesta por Eliyahu M. Goldratt en el best seller “la Meta” en los años ochenta.

La TOC (Theory of Constraints) se basa en el método científico que “todo sistema debe tener una restricción o cuello de botella”

Goldratt, (2016) en su libro la META, relata como la teoría de restricciones es aplicada a la industria y muestra paso a paso la forma de aplicación y las consideraciones que se debería revisar y verificar para poder llegar a gestionar las restricciones, con el único objetivo de la optimización de los sistemas de producción.

2.3.3.1 Tipos de restricciones

Los 2 tipos de restricciones identificadas por Eliyahu Goldratt son:

- Restricciones Físicas.- son las que normalmente hacen referencia al mercado, el método de manufactura y también está relacionado al suministro de la materia prima.
- Restricciones de Política.- siempre se encuentran detrás de las físicas, se pueden considerar algunas como: reglamentos, procedimientos, evaluaciones y algunos conceptos relacionados al tipo de producción.

2.3.3.2 Pasos para la implementación de teoría de restricciones

- Identificar: Se debe entender el proceso de producción, descomponerlo en fases y actividades, y obtener las capacidades de producción de cada actividad mediante un estudio de tiempos.
- Explotar: Esta parte esta direccionada a la búsqueda de la forma de tener la máxima capacidad de producción posible.

- Subordinar: En este paso se trata de alinear toda la producción a la velocidad que nos da la restricción.
- Elevar: Lo que se realiza en este paso es definir un plan para incrementar la capacidad de la restricción.
- Repetir (volver al paso 1): Este paso se utiliza cuando la restricción inicial se haya superado y se presenten nuevas restricciones que debemos de mejorar.

2.3.3.3 Aplicaciones en la industria

A nivel mundial se utiliza esta metodología, a continuación citamos algunas empresas en el mundo que utilizan TOC:

- U.S. AIR FORCE.
- AT&T.
- 3M.
- P&G.
- INTEL.
- SAMSONITE.
- DELTA.

2.3.3.4 Ventajas de TOC

- Mayores ganancias: Este es el principal objetivo para la mayoría de las empresas cuando aplican esta metodología.
- Mejora rápida: Aplicando esta metodología se busca como resultado centrar toda la atención en un área crítica, y así poder levantar la restricción para el incremento de la producción.
- Capacidad mejorada: La capacidad se mejora a medida que se libere las restricciones, a consecuencia de esto fabricaremos una mayor cantidad de productos.
- Tiempos de entrega reducidos: Esta también sería una consecuencia de la liberación de las restricciones y de darle la velocidad a la línea de producción de acuerdo a las restricciones. Esto nos permitirá

nuestros tiempos de producción óptimos y dar unas fechas de entrega de productos confiables.

- Inventario reducido: Al eliminar nuestras restricciones (cuellos de botella) y darle la velocidad de producción adecuada podremos producir la cantidad de subproductos necesarios para la línea de producción y así podremos evitar inventarios excesivos.

2.3.4 Metodología Ishikawa o Causa Raíz

Esta metodología se utiliza para determinar la causa raíz, para utilizar este método se sigue un orden:

- Máquinas.
- Mano de obra.
- Métodos.
- Materiales.
- Medio ambiente.
- Mediciones.

Cada una de estas M en particular se puede definir:

2.3.4.1 Máquinas

En esta parte se tiene que realizar un análisis en cada una de las máquinas que son parte del proceso, se requiere de hacer un análisis a la entrada y la salida de cada una de ellas.

2.3.4.2 Mano de obra

La metodología indica que el origen del fallo también puede ser por falla humana, que muchas veces esta no es comunicada oportunamente y para evitar esto, se debe hacer un análisis y descartar esta forma de falla.

2.3.4.3 Métodos

Esto está relacionado a los métodos y procedimientos utilizados para poder procesar o producir un determinado producto.

2.3.4.4 Materiales

Está referido a los materiales utilizados para la producción de un determinado producto en toda la línea de producción.

2.3.4.5 Medio ambiente

Relacionado a las condiciones ambientales en que produce un determinado producto, no se puede comparar o tener la misma eficiencia de un equipo cuando este trabaja a diferentes condiciones ambientales.

2.3.4.6 Mediciones

Esta parte está relacionada a las mediciones, ya que estas mediciones durante la aplicación de la metodología sirven para tomar decisiones y acciones.

2.3.5 Gestión de recursos en proyectos de acuerdo al PMBOK sexta edición.

El PMBOK en su sexta edición reemplaza la Gestión de Recursos Humanos del Proyecto por la Gestión de Recursos del Proyecto.

En esta sección del PMBOK identifica y desarrolla la gestión de recursos de 2 tipos:

- Recursos Físicos
- Recursos del equipo del proyecto

En base a estos el PMBOK plantea 6 procesos de gestión de los recursos los cuales son: (Project Management Institute, Inc., 2017)

- Planificar la gestión de Recursos
- Estimar los recursos de las actividades
- Adquirir recursos
- Desarrollar al equipo
- Dirigir al equipo
- Controlar los recursos



Ilustración 3. Descripción general de la gestión de los recursos del proyecto según el PMI
Fuente: (Project Management Institute, Inc., 2017)

2.3.6 Productividad

En esta parte nos debemos hacer una pregunta ¿qué es productividad? Esta tiene muchos significados depende mucho del tema de estudio, entre las definiciones acostumbradas se indica que la productividad es el valor del producto por unidad de insumo y la formula comúnmente aplicada es:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

2.3.6.1 Productividad laboral o de mano de obra

El participante más importante en un proyecto de construcción o de un proyecto cualquiera donde se desempeñe una actividad de tipo constructiva; es el trabajador. Entiéndase lo anterior como la persona que labora directamente en la producción de las obras, es decir, jornales, carpinteros, albañiles, concreteros, pintores, etc. (CASTIBLANCO RAMIREZ, 2004).

Este tipo de productividad está relacionada entre la producción y la mano de obra ocupada, esta nos permite estudiar las variaciones durante el desarrollo del trabajo, en la movilidad ocupacional, en proyección de requerimientos futuros de mano de obra, evaluar el comportamiento de los costos laborales, comparar entre diversos actores los avances de productividad, etc. (MARTINEZ DE ITA, 1995).

Aplicando a la mano de obra la productividad es representada por:

$$Productividad = \frac{Avances\ de\ obra}{Horas\ Hombre}$$

Entonces, la productividad laboral o de mano de obra es la medición que relaciona lo producido (avances de obra) por unidad de tiempo, generalmente expresado en horas hombre (HH) u hombre día (HD). Por ejemplo, los metros cúbicos de hormigón colocados por hora hombre día (m³/HD) o las horas hombre utilizadas en colocar cierta cantidad de hormigón (HH/m³). Se desprende de lo anterior que como la productividad actúa en términos de mano de obra, es sinónimo de rendimiento (MONZÓN ROQUELME, 2009).

Para el estudio realizado el proceso de planeamiento y control se realiza en base a HH con el único objetivo de homogenizar unidades y tener un mejor

control de las mismas. Por tal motivo el cronograma fue elaborado en base a HH presupuestadas, el control de los avances del proyecto, la curva S también está elaborada en base a las HH y por último el control de la productividad está elaborado en base a HH, por consiguiente, deduciendo de la fórmula anterior la productividad está dada por:

$$Productividad = \frac{\text{Horas Hombre ganadas}}{\text{Horas Hombre gastadas}}$$

2.3.7 Curva S

La curva de avance o curva “S”, representa en un proyecto como el avance real respecto al planificado en un periodo acumulado hasta la fecha. La curva recibe el nombre de “S” por su forma: al principio del proyecto hay una tendencia de costes acumulados crecientes, mientras que estos costes acumulados decrecen hacia el final.

La primera versión de la Curva S se crea a partir del cronograma vigente y el presupuesto inicial; posteriormente se puede actualizar conforme se crean las nuevas versiones. El objetivo es detectar las desviaciones existentes y tomar medidas para corregirlas. Esta curva indica que porcentaje de avance físico de trabajo es más bajo al inicio y al final de la actividad; este hecho se debe a que en el inicio del trabajo, se requiere tiempo para familiarizarse con la documentación, necesidades del cliente y crear el ambiente motivacional sobre el cuál se desarrollará el proyecto (YEPES PIQUERAS).

La curva S se crea colocando en el eje y los recursos financieros y en el eje x se coloca el tiempo, la unidad de este último depende de la duración del proyecto.

Existen variaciones para la creación de la curva S en el eje Y también se pueden utilizar Horas Hombre o porcentaje del presupuesto total que también pueden ser utilizadas (ERNEST MONDOL).

2.4 Definición de términos básicos

- TOC: Theory of Constraints, teoría de restricciones
- CCPM: Chain Critical Project Management

- BUFFER: También llamado como actividad ficticia, está siempre asociada a una actividad real y tiene un tiempo determinado y este se coloca en un punto concreto dentro del cronograma y se hace uso de este cuando se tiene desviaciones en el cumplimiento del cronograma.
- Restricción: Factor limitante que afecta la ejecución de un proyecto, programa, portafolio o proceso (Project Management Institute, Inc., 2017).
- Ley de Parkinson: Según indica García (2018) “Es toda tarea que se dilata indefinidamente hasta ocupar todo el tiempo disponible para su realización”.
- Síndrome del estudiante: Según define García (2018) “Es la intensidad del esfuerzo dedicado a una actividad se concentra justo antes del tiempo de entrega prometido”.
- La ley de Murphy: Esta ley señala “si algo puede salir mal saldrá mal”.
- Cuello de botella: Esta es la limitación de una determinada tarea que restringe la velocidad a las tareas predecesoras, estas ocasionan atrasos en la línea de producción.
- Tambor: Se refiere a las restricciones que marcan el paso de la velocidad de una determinada fábrica.
- Soga: se define como “el tiempo de preparación y ejecución necesario para todas las operaciones anteriores al tambor (Drum), más el tiempo del Buffer llamado longitud de soga” (DE JESUS, et al., 2012 p. 98).
- Productividad: La productividad es el valor del producto por unidad de insumo. (La productividad como clave del crecimiento y el desarrollo del Perú y el mundo, 2016)
- Rentabilidad: Se dice que es la capacidad de generar utilidad en cualquier negocio o proyecto.

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1 Método y Nivel de Investigación

3.1.1 Método de Investigación

El método que se utilizó en esta investigación fue el método descriptivo, dentro de este se utilizó estudios de seguimiento porque se analizará datos de un proyecto pasado.

3.1.2 Nivel de Investigación

El nivel de alcance que se utilizó en esta investigación, fue alcance o nivel exploratorio; debido a que hasta el momento no se han realizado investigaciones donde se abordan las restricciones por áreas y tampoco se hace una gestión detallada de las mismas, para mejorar la productividad y rentabilidad de los proyectos y hacer un proyecto rentable.

3.2 Diseño de la Investigación

El tipo de diseño que se utilizó es el Diseño Experimental, el nivel es pre experimental porque se aplicó a un solo proyecto y se sometió a cambios manipulando las variables.

3.2.1 Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se utilizó es el de alcance temporal debido a que se refirió a un momento específico o aun tiempo único.

3.2.2 Alcance de Investigación

El alcance fue descriptivo porque se describió un caso específico, basado en la teoría que se creó mediante la recopilación, análisis y presentación de datos recopilados.

Así mismo indicar que este estudio puede ser aplicado a la ejecución de proyectos multidisciplinarios (Civil, Mecánico, Eléctrico e Instrumentación) en el sur del Perú por un monto máximo de S/. 13, 194,696.83

3.3 Población y Muestra

Para esta investigación se utilizó una población finita debido a que los datos obtenidos fueron en un determinado periodo de tiempo.

La muestra que se utilizó fue muestreo por conveniencia, debido a que se seleccionó directamente un solo proyecto. Esto fundamentado en la conveniente accesibilidad y proximidad de los sujetos al investigador. (MONTEROLA, et al., 2017)

3.4 Técnicas e Instrumentos de recolección de datos

La técnica utilizada fue la observación sistemática, debido a que utilizó fichas de observación y apuntes de campo para la toma de la información a investigar.

3.5 Pasos a seguir para el análisis y diseño de la solución

3.5.1 Descripción y evaluación inicial del proyecto a investigar

El proyecto que fue seleccionado para la aplicación de la metodología, fue un proyecto multidisciplinario de las siguientes características:

- Proyecto ejecutado en el sur del Perú.
- Proyecto multidisciplinario: Civil, mecánico, eléctrico e instrumentación.

- Monto del proyecto: 13, 194,696.83.
- Tiempo de ejecución del proyecto: 180 días calendarios.
- Tipo de contrato: Suma Alzada.

En tal sentido se trabajó con un proyecto multidisciplinario (civil, mecánico, eléctrico e instrumentación) realizado en el año 2019. El monto del proyecto fue de S/. 13, 194,696.83 el plazo de ejecución fue de 180 días calendarios. Después de 60 días de ejecución se dio una proyección de pérdida de 5%, con un CPI de 0.69 y un SPI de 0.73 con una productividad de 0.61 Tal cual se muestra en las tablas 3 y 4 del diagnóstico del proyecto.

Cabe señalar que dentro de las bases del proyecto entregadas por el cliente, se solicitaba que el personal que dirija la obra debería de tener el siguiente perfil:

- Gerente de proyecto: Con el siguiente perfil mínimo:
 Tipo de cargo: tiempo parcial
 Especialidad: Ingeniero Civil o Mecánico
 Grado: Titulado Colegiado y habilitado
 Experiencia específica: Con 5 años de experiencia como gerente de Proyecto
- Residente de Obra: Con el siguiente perfil mínimo:
 Tipo de cargo: tiempo completo
 Especialidad: Ingeniero Civil o Mecánico
 Grado: Titulado Colegiado y habilitado
 Experiencia específica: Con 5 años de experiencia como ingeniero residente y/o supervisor de obras similares.
- Ingeniero de Seguridad: Con el siguiente perfil mínimo:
 Tipo de cargo: Tiempo completo
 Especialidad: Ingeniero
 Grado: Titulado Colegiado y habilitado
 Experiencia específica: Con 3 años de experiencia como ingeniero de seguridad, supervisor de seguridad y/o jefe de seguridad.
- Ingeniero de Control de Calidad: Con el siguiente perfil mínimo:
 Tipo de cargo: Tiempo completo

Especialidad: Ingeniero Civil o Mecánico

Grado: Titulado Colegiado y habilitado

Experiencia específica: Con 3 años de experiencia como ingeniero de control de calidad en obras similares.

Aparte de este personal indispensable, se ha tenido 2 Ing. supervisores mecánicos, 1 Ing. mecánico como Jefe de Planta (encargado de las fabricaciones) y un Ing. Mecánico de Oficina técnica.

3.5.2 Análisis para determinar y evaluar los tipos de restricciones a controlar en este tipo de proyectos.

Una de las dificultades que se tiene en la ejecución de proyectos, es determinar en qué áreas o grupos se deberían de separar los problemas presentados durante la ejecución de proyectos, con el único objetivo de poder realizar la gestión detallada de los mismos. En vista de esto se planteó en el año 2014 gestionar los problemas presentados en 4 áreas definidas:

- Personal
- Equipos y Herramientas
- Materiales y
- Definiciones

Desde entonces se realizó las pruebas correspondientes en 7 proyectos diferentes en su mayoría multidisciplinarios los cuales se muestran en la tabla 5. Estos proyectos fueron ejecutados entre los años 2014 al 2018 en estos se obtuvo resultados satisfactorios en costo y tiempo.

En la ilustración 4 se puede observar una de las pruebas realizadas para la determinación de las áreas de problemas a controlar, esta evidencia de la aplicación corresponde al ítem 6 de la tabla 5.



Ilustración 4. Foto evidencia de aplicación de áreas de control
Fuente: Elaboración Propia

En la ilustración 5 se puede observar otra de las pruebas realizadas para la determinación de las áreas de problemas a controlar esta evidencia de la aplicación corresponde al ítem 3 de la tabla 5.

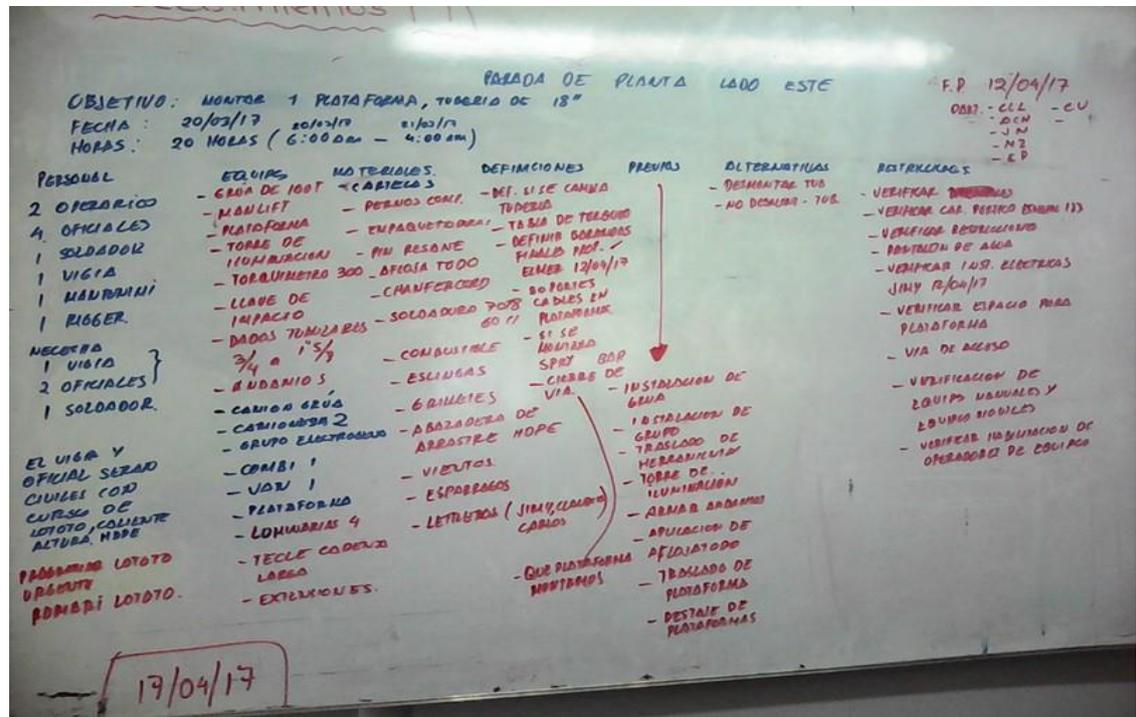


Ilustración 5. Foto evidencia de aplicación de áreas de control
Fuente: Elaboración Propia

Tabla 5.

Resultados de pruebas realizadas con la aplicación de las 4 áreas de restricciones a controlar

| PRUEBAS REALIZADAS | | | | | | | | |
|--------------------|-------------|--------------------|--------------------|-----------|--------------------|------------------|--------|--------------|
| Item | Descripción | Lugar de ejecución | Fecha de ejecución | Modalidad | Especialidad | Monto | Tiempo | Cumplimiento |
| 1 | Proyecto 1 | Arequipa | ago-18 | PU | Multidisciplinario | \$2,358,934.35 | 175 | En el plazo |
| 2 | Proyecto 2 | Arequipa | mar-18 | PU | Mecanico-Elctrico | \$489,256.63 | 60 | En el plazo |
| 3 | Proyecto 3 | Arequipa | nov-16 | PU | Multidisciplinario | S/. 4,809,423.47 | 175 | En el plazo |
| 4 | Proyecto 4 | Arequipa | jul-16 | PU | Civil-Mecanico | S/. 1,638,433.11 | 86 | En el plazo |
| 5 | Proyecto 5 | Moquegua | ene-16 | PU/SA | Multidisciplinario | \$2,173,473.05 | 130 | En el plazo |
| 6 | Proyecto 6 | Arequipa | ago-15 | PU | Civil-Mecanico | \$1,220,844.54 | 120 | En el plazo |
| 7 | Proyecto 7 | Arequipa | ene-14 | PU | Mecanico | S/. 3,832,617.99 | 120 | En el plazo |

Fuente: Elaboración Propia

Para el proyecto utilizado para la investigación ya no fueron consideradas estas áreas como problemas presentados en la ejecución de proyectos, se consideró como restricciones y se trató como tales.

3.5.3 Desarrollo de cada una de las restricciones

En esta parte se realiza una descripción de lo que incluye en cada una de las áreas establecidas:

- Personal

Esta área esta netamente relacionada al personal en todo sentido. Dentro del sistema de gestión 5 M existe una M de mano de obra, pero es básicamente limitada a un sistema de producción, en este caso abarca desde un panorama más global y por este motivo en esta área incluimos todo lo relacionado a:

- Personal Indirecto: Ingenieros, Conductores, Operadores de Equipos, Etc.
- Personal Directo: Operarios, Oficiales, Peones, etc.
- Contratos de los mismos
- Tareos

- Personal de terceros involucrados en el proyecto.
- Alimentación
- Alojamientos
- Etc.
- Equipos y Herramientas

En esta área se refiere netamente a:

- Equipos línea amarilla
- Equipos de transporte de personal
- Contratos de equipos de terceros
- Planes de mantenimiento
- Valorizaciones de equipos propios y de terceros
- Herramientas mayores necesarias para la ejecución del proyecto
- Herramientas menores necesarias para la ejecución del proyecto
- Materiales

Si compramos con la metodología 5 M, de igual forma esto está relacionado a los materiales necesarios para poder ejecutar el proyecto.
- Definiciones

Esta es una parte muy importante, porque en esta área se puede contemplar todo lo relacionado a gestión documentaria entregada y elaborada durante las etapas de inicio, ejecución y cierre del proyecto como:

 - Plan de trabajo.
 - Plan de calidad.
 - Plan de seguridad.
 - Plan de relaciones comunitarias.
 - Plan de medio ambiente.
 - Procedimientos de trabajo.
 - Procedimientos de calidad.
 - Procedimientos de seguridad.
 - Procedimientos de medio ambiente.
 - Planos de proyecto.

- Manuales de equipos.
- Estándares.
- Procedimientos del cliente.
- Control documentario.
- Informes de proyecto.
- Etc.

Realizando un control disciplinado en cada una de estas restricciones en determinadas áreas durante todo el tiempo de ejecución del proyecto, se podrá garantizar una finalización exitosa del mismo.

3.5.4 Metodología

3.5.4.1 EDT del proyecto

En esta parte se debe de tener un conocimiento completo de todo el proyecto en todas las disciplinas y tomando como base el EDT del proyecto se debe de iniciar un análisis minucioso de cada una de las partes del EDT y así poder determinar las restricciones de cada una de ellas.

3.5.4.2 Determinación de las restricciones del proyecto.

La metodología nos dice que se debe de tabular una a una cada restricción para poder determinar en qué área se encuentra la mayor cantidad de restricciones y así poder asignar la verdadera criticidad de cada una de estas, para esto realizaremos un Análisis de Criticidad y así poder determinar el área más crítica del proyecto.

3.5.4.3 Criticidad y jerarquización de restricciones

Es esta parte una vez seleccionada el área de mayor impacto. Se realiza la etapa de priorización, cabe señalar que al tener un plazo de entrega establecido y al contar con un cronograma estructurado y con una secuencia de ejecución, se definió que la mejor forma de priorizar es por fechas de entrega.

Entonces todas las restricciones serán priorizadas por fechas de entrega y de esta forma serán tabuladas.

3.5.4.4 Reevaluación y asignación de prioridades para el levantamiento de restricciones

En esta parte se reordena las restricciones de acuerdo a las fechas de entrega de las mismas, no se considera el área a que corresponde, de lo contrario lo más importante son las fechas de levantamiento porque estas influyen directamente con el cronograma de construcción y las fechas finales de entrega del proyecto.

Las restricciones deben ser liberadas como máximo en 10 días después de esta fecha debido a que en ese momento se iniciarían las actividades específicas.

Otra parte importante es la designación de los responsables de cada una de las restricciones en cada una de las áreas. En esta parte también es muy importante que se evalúe constantemente y se designen los recursos necesarios para el levantamiento oportuno de las restricciones.

3.5.4.5 Seguimiento de liberación de restricciones

Este punto es uno de los más importantes de la metodología y, en este se debe determinar las frecuencias de verificación y revisión del levantamiento de las restricciones. En vista de que cada proyecto en caso particular estas frecuencias se deben de determinar con el equipo de trabajo.

Por otro lado, se tendrá que indicar que una vez que se llegue a este punto debemos de realizar una revisión del EDT en general y así poder detectar que nuevas restricciones tenemos, de la misma forma que verificamos y revisamos el primer cuadro de restricciones debemos de actualizar este de acuerdo al avance del proyecto; cabe señalar que debemos de determinar la frecuencia de revisión del mismo, se debe de considerar que las frecuencias no serán las mismas porque cada proyecto tiene sus particularidades.

Se debe de tener en cuenta que todas las restricciones deben ser liberadas en el tiempo establecido, si estas no son liberadas generaran pérdidas económicas como:

- Personal en stand by

- Equipos en stand by
- En algunos casos son actividades predecesoras y estas restricciones se convierten en restricciones para las nuevas actividades que están programadas.

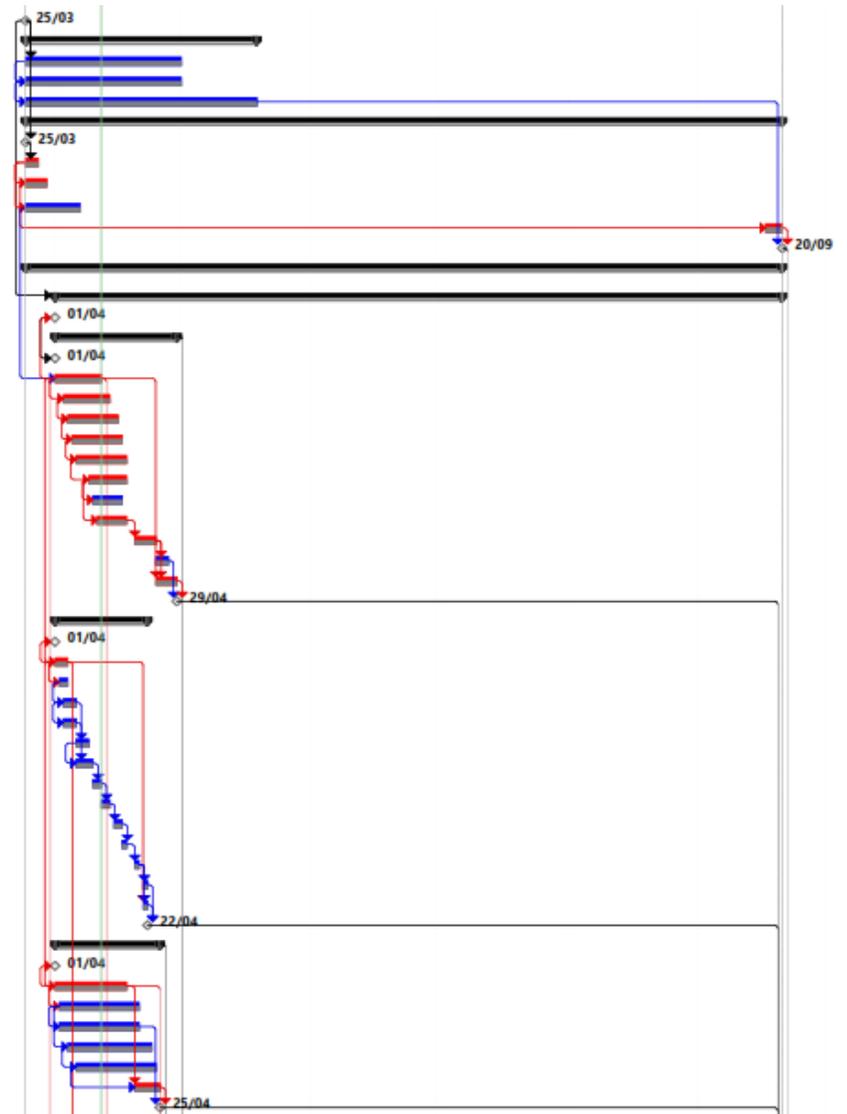
También nos generarán atraso en el proyecto y como consecuencia de esto penalidades económicas.

3.5.5 Aplicación de la metodología

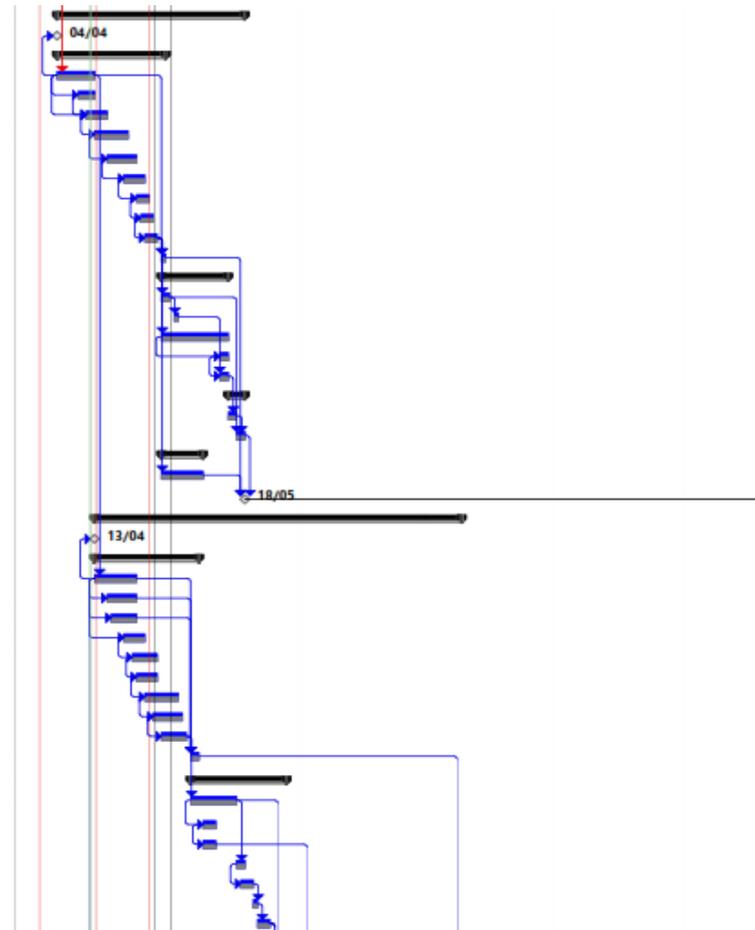
3.5.5.1 EDT del proyecto

En esta parte se colocó el EDT línea base del proyecto, en base a esta realizó el primer análisis de restricciones. En esta parte nos hicimos la pregunta ¿por qué no se están realizando algunos trabajos programados?

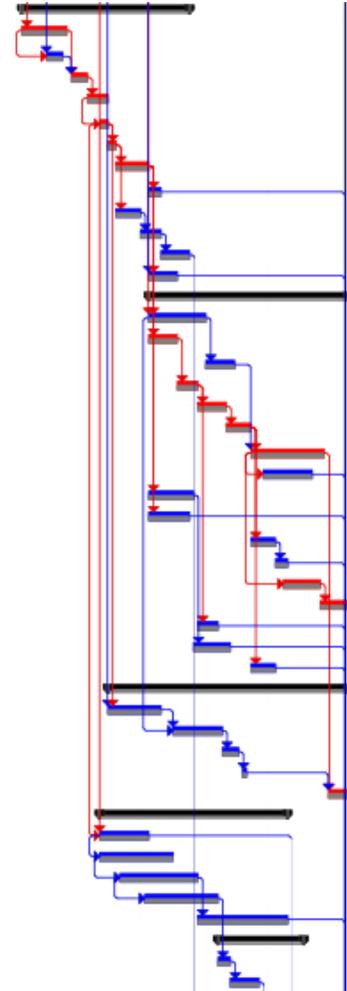
| | | | | | | |
|----|------------|------------------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|---------------|
| 2 | 1.1 | INICIO DEL PROYECTO | 0 días | 25/03/19 | 25/03/19 | 0 horas |
| 3 | 1.2 | PROCURA | 45 días | 25/03/19 | 18/05/19 | 0 horas |
| 4 | 1.2.1 | MATERIALES CIVILES AID | 30 días | 25/03/19 | 30/04/19 | 0 horas |
| 5 | 1.2.2 | MATERIALES MECANICOS AID | 30 días | 25/03/19 | 30/04/19 | 0 horas |
| 6 | 1.2.3 | MATERIALES ELECTRICOS AID | 45 días | 25/03/19 | 18/05/19 | 0 horas |
| 7 | 1.3 | TRABAJOS GENERALES | 149 días | 25/03/19 | 20/09/19 | 1,168 horas |
| 8 | 1.3.1 | Inicio trabajos generales | 0 días | 25/03/19 | 25/03/19 | 0 horas |
| 9 | 1.3.2 | MOVILIZACION DE MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS. | 3 días | 25/03/19 | 27/03/19 | 200 horas |
| 10 | 1.3.3 | OBRAS E INSTALACIONES PROVISIONALES (OFICINAS, ALMACEN, TALLERES, ETC) | 5 días | 25/03/19 | 29/03/19 | 384 horas |
| 11 | 1.3.4 | NIVELACION Y REPLANTEO DEL TRAZO | 12 días | 25/03/19 | 06/04/19 | 300 horas |
| 12 | 1.3.5 | DESMOVILIZACION DE MATERIALES, EQUIPOS Y HERRAMIENTAS. | 4 días | 17/09/19 | 20/09/19 | 384 horas |
| 13 | 1.3.6 | Fin trabajos generales | 0 días | 20/09/19 | 20/09/19 | 0 horas |
| 14 | 1.4 | CONSTRUCCION | 149 días | 25/03/19 | 20/09/19 | 122,315 horas |
| 15 | 1.4.1 | PLATAFORMA1 | 143 días | 01/04/19 | 20/09/19 | 59,262 horas |
| 16 | 1.4.1.1 | INICIO DE PLATAFORMA 1 | 0 días | 01/04/19 | 01/04/19 | 0 horas |
| 17 | 1.4.1.2 | MANHOLE 2 Y 3 | 23 días | 01/04/19 | 29/04/19 | 1,968 horas |
| 18 | 1.4.1.2.1 | Inicio Manhole 2 y 3 | 0 días | 01/04/19 | 01/04/19 | 0 horas |
| 19 | 1.4.1.2.2 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 10 días | 01/04/19 | 11/04/19 | 320 horas |
| 20 | 1.4.1.2.3 | SOLADO DE CONCRETO SIMPLE DE 50 MM | 10 días | 03/04/19 | 13/04/19 | 128 horas |
| 21 | 1.4.1.2.4 | ACERO DE REFUERZO EN BASE | 10 días | 04/04/19 | 15/04/19 | 320 horas |
| 22 | 1.4.1.2.5 | CONCRETO PARA BASE | 10 días | 05/04/19 | 16/04/19 | 128 horas |
| 23 | 1.4.1.2.6 | ACERO DE REFUERZO EN MUROS, INSTALACION DE DRENAJE | 10 días | 06/04/19 | 17/04/19 | 320 horas |
| 24 | 1.4.1.2.7 | ENCOFRADO DE MUROS | 8 días | 09/04/19 | 17/04/19 | 320 horas |
| 25 | 1.4.1.2.8 | INSERTOS METALICOS | 6 días | 10/04/19 | 16/04/19 | 32 horas |
| 26 | 1.4.1.2.9 | CONCRETO PARA MUROS | 6 días | 11/04/19 | 17/04/19 | 128 horas |
| 27 | 1.4.1.2.10 | RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO | 4 días | 20/04/19 | 24/04/19 | 128 horas |
| 28 | 1.4.1.2.11 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | 3 días | 25/04/19 | 27/04/19 | 72 horas |
| 29 | 1.4.1.2.12 | TAPA METALICA Y ESCALERA DE INGRESO | 4 días | 25/04/19 | 29/04/19 | 72 horas |
| 30 | 1.4.1.2.13 | Fin Manhole 2 y 3 | 0 días | 29/04/19 | 29/04/19 | 0 horas |
| 31 | 1.4.1.3 | TRAMPA DE ACEITE | 17 días | 01/04/19 | 22/04/19 | 600 horas |
| 32 | 1.4.1.3.1 | Inicio trampa de aceite | 0 días | 01/04/19 | 01/04/19 | 0 horas |
| 33 | 1.4.1.3.2 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 3 días | 01/04/19 | 03/04/19 | 72 horas |
| 34 | 1.4.1.3.3 | SOLADO DE CONCRETO SIMPLE DE 50 MM | 2 días | 02/04/19 | 03/04/19 | 40 horas |
| 35 | 1.4.1.3.4 | ACERO DE REFUERZO PARA BASE | 3 días | 03/04/19 | 05/04/19 | 48 horas |
| 36 | 1.4.1.3.5 | CONCRETO PARA BASE | 3 días | 03/04/19 | 05/04/19 | 40 horas |
| 37 | 1.4.1.3.6 | ACERO DE REFUERZO PARA MUROS | 2 días | 06/04/19 | 08/04/19 | 48 horas |
| 38 | 1.4.1.3.7 | ENCOFRADO PARA MUROS | 3 días | 06/04/19 | 09/04/19 | 72 horas |
| 39 | 1.4.1.3.8 | CONCRETO PARA MUROS | 2 días | 10/04/19 | 11/04/19 | 40 horas |
| 40 | 1.4.1.3.9 | ACERO DE REFUERZO PARA TECHOS | 2 días | 12/04/19 | 13/04/19 | 32 horas |
| 41 | 1.4.1.3.10 | ENCOFRADO PARA TECHO, INSTALACION DE INSERTOS | 2 días | 15/04/19 | 16/04/19 | 48 horas |
| 42 | 1.4.1.3.11 | CONCRETO PARA TECHO | 1 día | 17/04/19 | 17/04/19 | 40 horas |
| 43 | 1.4.1.3.12 | DESENCOPRADO PARA TRAMPA DE ACEITE | 1 día | 20/04/19 | 20/04/19 | 40 horas |
| 44 | 1.4.1.3.13 | RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO ELIMINACION | 1 día | 22/04/19 | 22/04/19 | 40 horas |
| 45 | 1.4.1.3.14 | TAPA METALICA | 1 día | 22/04/19 | 22/04/19 | 40 horas |
| 46 | 1.4.1.3.15 | Fin trampa de aceite | 0 días | 22/04/19 | 22/04/19 | 0 horas |
| 47 | 1.4.1.4 | DUCT BANKS PRIMERA ETAPA | 28 días | 01/04/19 | 25/04/19 | 1,704 horas |
| 48 | 1.4.1.4.1 | Inicio duct banka primera etapa | 0 días | 01/04/19 | 01/04/19 | 0 horas |
| 49 | 1.4.1.4.2 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 15 días | 01/04/19 | 17/04/19 | 360 horas |
| 50 | 1.4.1.4.3 | TENDIDO DE TUBERIA CONDUIT PVC - SAP | 15 días | 02/04/19 | 20/04/19 | 360 horas |
| 51 | 1.4.1.4.4 | ACERO DE REFUERZO PARA DUCT BANK | 15 días | 02/04/19 | 20/04/19 | 120 horas |
| 52 | 1.4.1.4.5 | CONCRETO PARA DUCT BANK REFORZADO | 15 días | 04/04/19 | 23/04/19 | 480 horas |
| 53 | 1.4.1.4.6 | RELLENO Y COMPACTADO | 14 días | 06/04/19 | 24/04/19 | 336 horas |
| 54 | 1.4.1.4.7 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | 5 días | 20/04/19 | 25/04/19 | 48 horas |
| 55 | 1.4.1.4.8 | Fin duct banka primera etapa | 0 días | 25/04/19 | 25/04/19 | 0 horas |

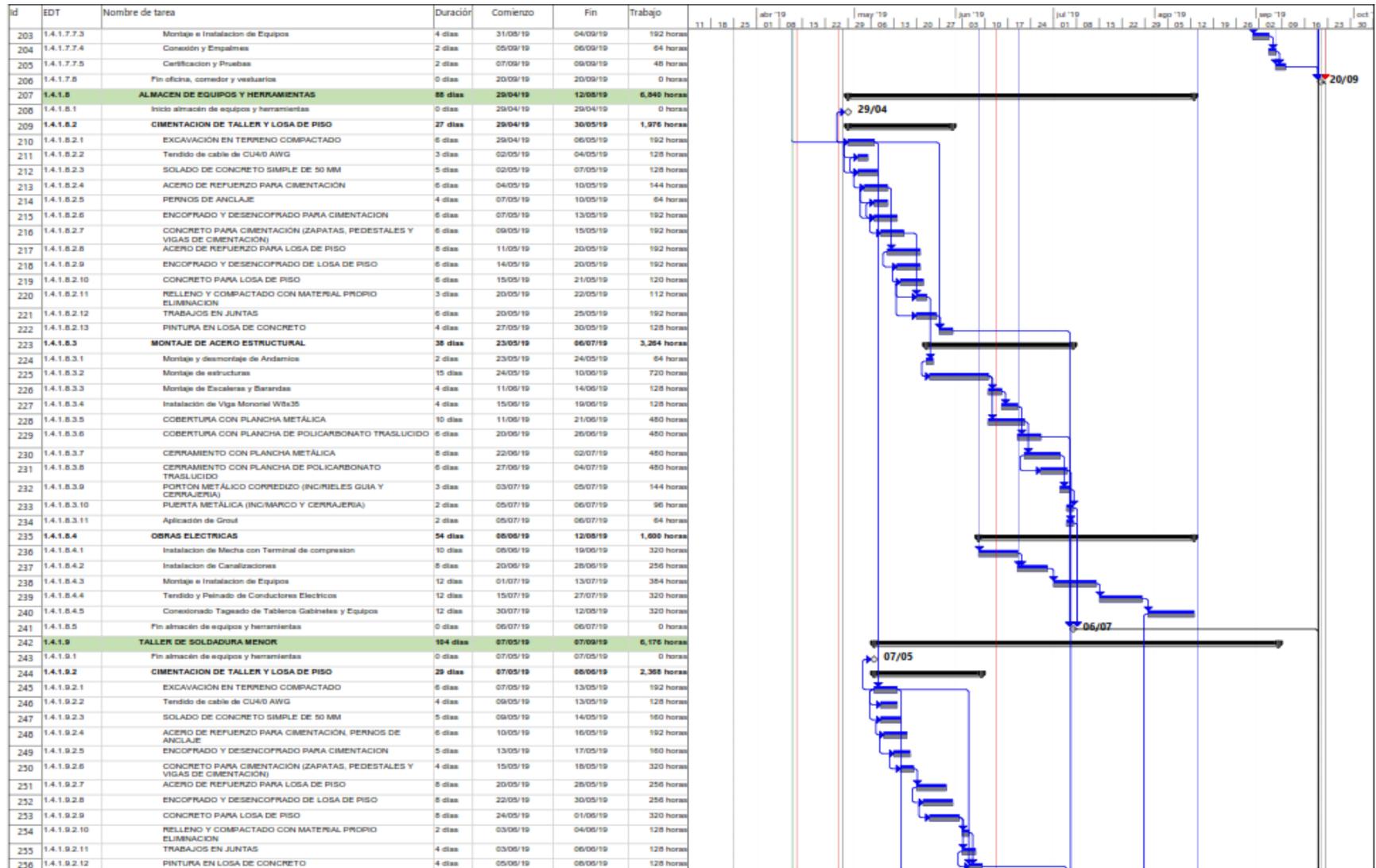


| | | | | | | |
|-----|--------------|------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| 50 | 1.4.1.5 | TRANSFORMADOR EXTERIOR 1500KVA | 36 días | 04/04/19 | 16/05/19 | 3,040 horas |
| 57 | 1.4.1.5.1 | Inicio transformador exterior 1500KVA | 0 días | 04/04/19 | 04/04/19 | 0 horas |
| 58 | 1.4.1.5.2 | BASE Y CANALETA PERIMETRAL | 20 días | 04/04/19 | 29/04/19 | 1,152 horas |
| 59 | 1.4.1.5.2.1 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 8 días | 04/04/19 | 12/04/19 | 360 horas |
| 60 | 1.4.1.5.2.2 | Tendido de cable de CU#10 AWG.SOLDADURA | 4 días | 09/04/19 | 12/04/19 | 120 horas |
| 61 | 1.4.1.5.2.3 | SOLADO DE CONCRETO SIMPLE DE 50 MM | 4 días | 11/04/19 | 15/04/19 | 48 horas |
| 62 | 1.4.1.5.2.4 | COLOCACION DE ACERO DE REFUERZO PARA BASE Y CANALETA PERNOS DE ANCLAJE | 5 días | 13/04/19 | 20/04/19 | 120 horas |
| 63 | 1.4.1.5.2.5 | ENCOPRADO PARA BASE Y CANALETA, INSERTOS | 4 días | 16/04/19 | 22/04/19 | 120 horas |
| 64 | 1.4.1.5.2.6 | CONCRETO PARA BASE Y CANALETA | 4 días | 20/04/19 | 24/04/19 | 72 horas |
| 65 | 1.4.1.5.2.7 | DESENCOPRADO PARA BASE Y CANALETA | 3 días | 23/04/19 | 25/04/19 | 120 horas |
| 66 | 1.4.1.5.2.8 | RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO | 3 días | 24/04/19 | 26/04/19 | 72 horas |
| 67 | 1.4.1.5.2.9 | MONTAJE DE REJILLA METÁLICA | 3 días | 25/04/19 | 27/04/19 | 56 horas |
| 68 | 1.4.1.5.2.10 | JUNTA DE AISLAMIENTO | 1 día | 26/04/19 | 26/04/19 | 32 horas |
| 69 | 1.4.1.5.3 | OBRAS ELECTRICAS | 13 días | 29/04/19 | 14/05/19 | 1,312 horas |
| 70 | 1.4.1.5.3.1 | Instalacion de Mechas con Terminal de compresion | 2 días | 29/04/19 | 30/04/19 | 120 horas |
| 71 | 1.4.1.5.3.2 | Instalacion de Barras a Tierra | 1 día | 02/05/19 | 02/05/19 | 96 horas |
| 72 | 1.4.1.5.3.3 | Montaje e Instalacion de Equipos | 13 días | 29/04/19 | 14/05/19 | 832 horas |
| 73 | 1.4.1.5.3.4 | Tendido y Peinado de Conductores Electricos | 2 días | 13/05/19 | 14/05/19 | 120 horas |
| 74 | 1.4.1.5.3.5 | Conexionado Tagado de Tableros Gabinetes y Equipos | 2 días | 13/05/19 | 14/05/19 | 120 horas |
| 75 | 1.4.1.5.4 | OBRAS DE INSTRUMENTACION | 4 días | 15/05/19 | 16/05/19 | 256 horas |
| 76 | 1.4.1.5.4.1 | Tendido y Peinado de Conductores Electricos | 2 días | 15/05/19 | 16/05/19 | 120 horas |
| 77 | 1.4.1.5.4.2 | Conexionado Tagado de Tableros Gabinetes y Equipos | 2 días | 17/05/19 | 18/05/19 | 120 horas |
| 78 | 1.4.1.5.5 | OBRAS MECANICAS | 5 días | 29/04/19 | 06/05/19 | 320 horas |
| 79 | 1.4.1.5.5.1 | MONTAJE DE CERCO PERIMETRICO CON MALLA GALVANIZADA | 5 días | 29/04/19 | 06/05/19 | 320 horas |
| 80 | 1.4.1.5.6 | Fin transformador exterior 1500KVA | 0 días | 16/05/19 | 16/05/19 | 0 horas |
| 81 | 1.4.1.6 | CUARTO ELECTRICO | 71 días | 13/04/19 | 09/07/19 | 8,632 horas |
| 82 | 1.4.1.6.1 | Inicio cuarto eléctrico | 0 días | 13/04/19 | 13/04/19 | 0 horas |
| 83 | 1.4.1.6.2 | OBRAS CIVILES | 18 días | 13/04/19 | 07/05/19 | 1,464 horas |
| 84 | 1.4.1.6.2.1 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 6 días | 13/04/19 | 22/04/19 | 144 horas |
| 85 | 1.4.1.6.2.2 | Tendido de cable de CU#10 AWG | 4 días | 16/04/19 | 22/04/19 | 192 horas |
| 86 | 1.4.1.6.2.3 | INSTALACION DE DUCTOS | 3 días | 17/04/19 | 22/04/19 | 144 horas |
| 87 | 1.4.1.6.2.4 | SOLADO DE CONCRETO SIMPLE DE 50 MM | 4 días | 20/04/19 | 24/04/19 | 120 horas |
| 88 | 1.4.1.6.2.5 | ACERO DE REFUERZO PARA CIMENTACION | 6 días | 22/04/19 | 27/04/19 | 192 horas |
| 89 | 1.4.1.6.2.6 | MONTAJE ESTRUCTURA PARA SOPORTE DE TAPAS | 5 días | 23/04/19 | 27/04/19 | 120 horas |
| 90 | 1.4.1.6.2.7 | ENCOPRADO PARA CANALETA | 6 días | 25/04/19 | 02/05/19 | 192 horas |
| 91 | 1.4.1.6.2.8 | CONCRETO PARA CIMENTACION CANALETA | 5 días | 27/04/19 | 03/05/19 | 120 horas |
| 92 | 1.4.1.6.2.9 | DESENCOPRADO PARA CANALETA | 5 días | 29/04/19 | 04/05/19 | 120 horas |
| 93 | 1.4.1.6.2.10 | RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO ELIMINACION | 2 días | 06/05/19 | 07/05/19 | 104 horas |
| 94 | 1.4.1.6.3 | ALBAÑILERIA ARMADA | 20 días | 06/05/19 | 28/05/19 | 1,288 horas |
| 95 | 1.4.1.6.3.1 | MURO DE BLOQUETA DE CONCRETO 8"x8"x16"ACERO, GROUT | 10 días | 06/05/19 | 16/05/19 | 480 horas |
| 96 | 1.4.1.6.3.2 | DINTEL BOND BEAM | 3 días | 09/05/19 | 11/05/19 | 48 horas |
| 97 | 1.4.1.6.3.3 | PUERTA METÁLICA P1 Y P2 COLOCACION DE MARCO | 3 días | 09/05/19 | 11/05/19 | 56 horas |
| 98 | 1.4.1.6.3.4 | ACERO DE REFUERZO PARA VIGAS | 2 días | 17/05/19 | 18/05/19 | 120 horas |
| 99 | 1.4.1.6.3.5 | ENCOPRADO PARA VIGAS | 2 días | 18/05/19 | 20/05/19 | 120 horas |
| 100 | 1.4.1.6.3.6 | CONCRETO PARA VIGAS | 1 día | 21/05/19 | 21/05/19 | 88 horas |
| 101 | 1.4.1.6.3.7 | CONCRETO EN LOSA DE CEMENTO PULIDO | 3 días | 22/05/19 | 24/05/19 | 96 horas |

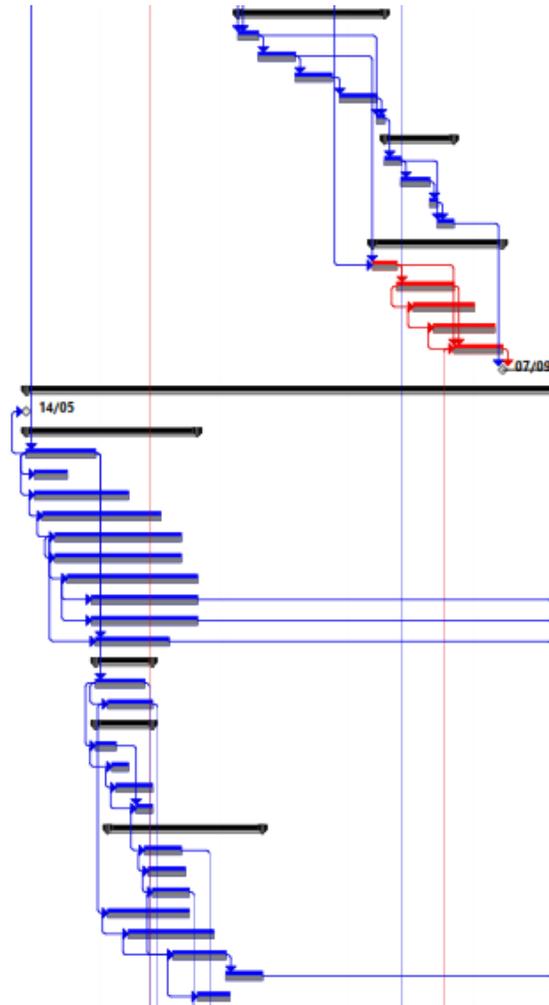


| | | | | | | |
|-----|----------------|---------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| 157 | 1.4.1.7.3.2 | SEGUNDO PISO | 34 días | 03/07/19 | 12/08/19 | 2,064 horas |
| 158 | 1.4.1.7.3.2.1 | MURO DE BLOQUETA DE CONCRETO 8"x8"x16", ACERO, GROUT | 10 días | 03/07/19 | 13/07/19 | 480 horas |
| 159 | 1.4.1.7.3.2.2 | DINTEL BOND BEAM | 4 días | 06/07/19 | 12/07/19 | 192 horas |
| 160 | 1.4.1.7.3.2.3 | ENCOPRADO DE VIGA Y LOSA DE TECHO ALIGERADO | 4 días | 15/07/19 | 19/07/19 | 128 horas |
| 161 | 1.4.1.7.3.2.4 | ACERO DE REFUERZO PARA VIGA Y LOSA DE TECHO ALIGERADO | 4 días | 19/07/19 | 23/07/19 | 128 horas |
| 162 | 1.4.1.7.3.2.5 | LADRILLO DE ARCILLA PARA TECHO ALIGERADO | 2 días | 22/07/19 | 23/07/19 | 96 horas |
| 163 | 1.4.1.7.3.2.6 | CONCRETO PARA VIGAS Y LOSA DE TECHO ALIGERADO | 2 días | 24/07/19 | 25/07/19 | 96 horas |
| 164 | 1.4.1.7.3.2.7 | DEENCOPRADO DE VIGAS Y LOSA DE TECHO ALIGERADO | 6 días | 26/07/19 | 02/08/19 | 192 horas |
| 165 | 1.4.1.7.3.2.8 | LOSA DE PISO | 2 días | 03/08/19 | 05/08/19 | 96 horas |
| 166 | 1.4.1.7.3.2.9 | ACERO DE REFUERZO PARA ESCALERA | 4 días | 26/07/19 | 31/07/19 | 96 horas |
| 167 | 1.4.1.7.3.2.10 | ENCOPRADO DE ESCALERA | 4 días | 01/08/19 | 05/08/19 | 128 horas |
| 168 | 1.4.1.7.3.2.11 | CONCRETO PARA ESCALERA | 5 días | 06/08/19 | 12/08/19 | 240 horas |
| 169 | 1.4.1.7.3.2.12 | BOTAGUAS DE CONCRETO PARA MURO | 5 días | 03/08/19 | 09/08/19 | 192 horas |
| 170 | 1.4.1.7.4 | ACABADOS ARQUITECTONICOS PARA EDIFICIO | 41 días | 03/08/19 | 20/09/19 | 3,256 horas |
| 171 | 1.4.1.7.4.1 | TARNAJEDOS DE CIELO RASO, MUROS, DERRAMES | 12 días | 03/08/19 | 16/08/19 | 384 horas |
| 172 | 1.4.1.7.4.2 | SOLAQUEADO Y BRUÑADO DE MUROS, VIGAS Y ESCALERAS | 6 días | 03/08/19 | 09/08/19 | 112 horas |
| 173 | 1.4.1.7.4.3 | FALSO CIELO RASO | 5 días | 17/08/19 | 23/08/19 | 144 horas |
| 174 | 1.4.1.7.4.4 | PASOS Y CONTRAPASOS DE CEMENTO PULIDO | 4 días | 10/08/19 | 14/08/19 | 128 horas |
| 175 | 1.4.1.7.4.5 | CONTRAZOLCALO DE CEMENTO PULIDO | 6 días | 15/08/19 | 21/08/19 | 192 horas |
| 176 | 1.4.1.7.4.6 | PINTURA LATEX EN CIELO RASO (INCL/PREPARACION DE SUPERFICIE Y BASE) | 5 días | 22/08/19 | 27/08/19 | 180 horas |
| 177 | 1.4.1.7.4.7 | ZOCALO CERAMICO EN MUROS(INCI/ACABADOS) | 15 días | 26/08/19 | 14/09/19 | 360 horas |
| 178 | 1.4.1.7.4.8 | CONTRAZOCALO PORCELANATO | 10 días | 31/08/19 | 11/09/19 | 240 horas |
| 179 | 1.4.1.7.4.9 | COBERTURA DE LADRILLO PASTELERO | 9 días | 03/09/19 | 13/09/19 | 288 horas |
| 180 | 1.4.1.7.4.10 | IMPERMEABILIZACION DE TECHO CON PINTURA ELASTOMERICA | 8 días | 03/08/19 | 12/08/19 | 256 horas |
| 181 | 1.4.1.7.4.11 | MONTAJE DE VENTANAS (INC / VIDRIO Y CERRAJERIA) | 4 días | 26/08/19 | 02/09/19 | 96 horas |
| 182 | 1.4.1.7.4.12 | PUERTAS DE MADERA CONTRAPLACADA | 3 días | 03/09/19 | 05/09/19 | 48 horas |
| 183 | 1.4.1.7.4.13 | INSTALACION DE TABIQUERIA | 8 días | 05/09/19 | 13/09/19 | 256 horas |
| 184 | 1.4.1.7.4.14 | SEPARADORES EN BAÑOS | 5 días | 14/09/19 | 20/09/19 | 144 horas |
| 185 | 1.4.1.7.4.15 | INSTALACION DE BARANDA METÁLICAS PARA ESCALERAS | 4 días | 15/08/19 | 19/08/19 | 128 horas |
| 186 | 1.4.1.7.4.16 | CANALETA PLUVIAL Y TUBERIA DE DRENAJE | 8 días | 14/08/19 | 22/08/19 | 192 horas |
| 187 | 1.4.1.7.4.17 | JUNTA DE DILATACION | 4 días | 26/08/19 | 02/09/19 | 128 horas |
| 188 | 1.4.1.7.5 | INSTALACIONES SANITARIAS | 49 días | 24/07/19 | 20/09/19 | 584 horas |
| 189 | 1.4.1.7.5.1 | SISTEMA INTERIOR DE DESAGÜE Y VENTILACION | 10 días | 24/07/19 | 05/08/19 | 160 horas |
| 190 | 1.4.1.7.5.2 | SISTEMA INTERIOR DE AGUA FRIA | 10 días | 09/08/19 | 20/08/19 | 160 horas |
| 191 | 1.4.1.7.5.3 | TERMA ELECTRICA | 4 días | 21/08/19 | 24/08/19 | 64 horas |
| 192 | 1.4.1.7.5.4 | LAVADERO DE COMEDOR (INCL/SOPORTE Y GRIFERIA) | 1 día | 26/08/19 | 26/08/19 | 40 horas |
| 193 | 1.4.1.7.5.5 | APARATOS SANITARIOS INC. GRIFERIA | 5 días | 16/09/19 | 20/09/19 | 160 horas |
| 194 | 1.4.1.7.6 | INSTALACIONES ELECTRICAS | 38 días | 22/07/19 | 05/09/19 | 1,768 horas |
| 195 | 1.4.1.7.6.1 | Instalacion de Mechas con Terminal de compresion | 10 días | 22/07/19 | 02/08/19 | 320 horas |
| 196 | 1.4.1.7.6.2 | Instalacion de Canalizaciones | 15 días | 22/07/19 | 06/08/19 | 360 horas |
| 197 | 1.4.1.7.6.3 | Montaje e instalaciones de equipos | 15 días | 27/07/19 | 14/08/19 | 360 horas |
| 198 | 1.4.1.7.6.4 | Tendido y peinado de Conductores Electricos | 15 días | 02/08/19 | 19/08/19 | 360 horas |
| 199 | 1.4.1.7.6.5 | Conexionado Tagueado de Tableros Gabineteles y Equipos | 18 días | 15/08/19 | 05/09/19 | 360 horas |
| 200 | 1.4.1.7.7 | OBRAS DE INSTRUMENTACION | 17 días | 26/08/19 | 09/09/19 | 736 horas |
| 201 | 1.4.1.7.7.1 | Instalacion de Canalizaciones | 3 días | 20/08/19 | 22/08/19 | 144 horas |
| 202 | 1.4.1.7.7.2 | Tendido De Conductores | 6 días | 23/08/19 | 29/08/19 | 288 horas |

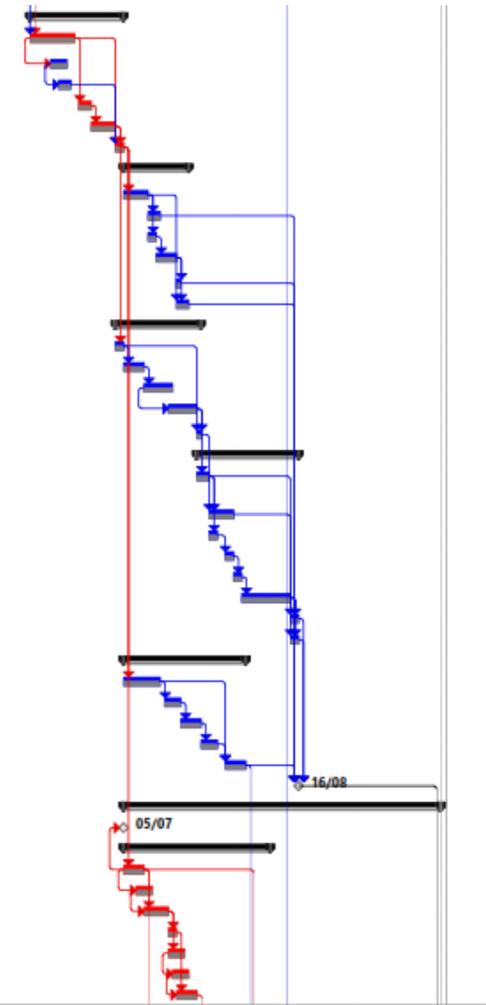


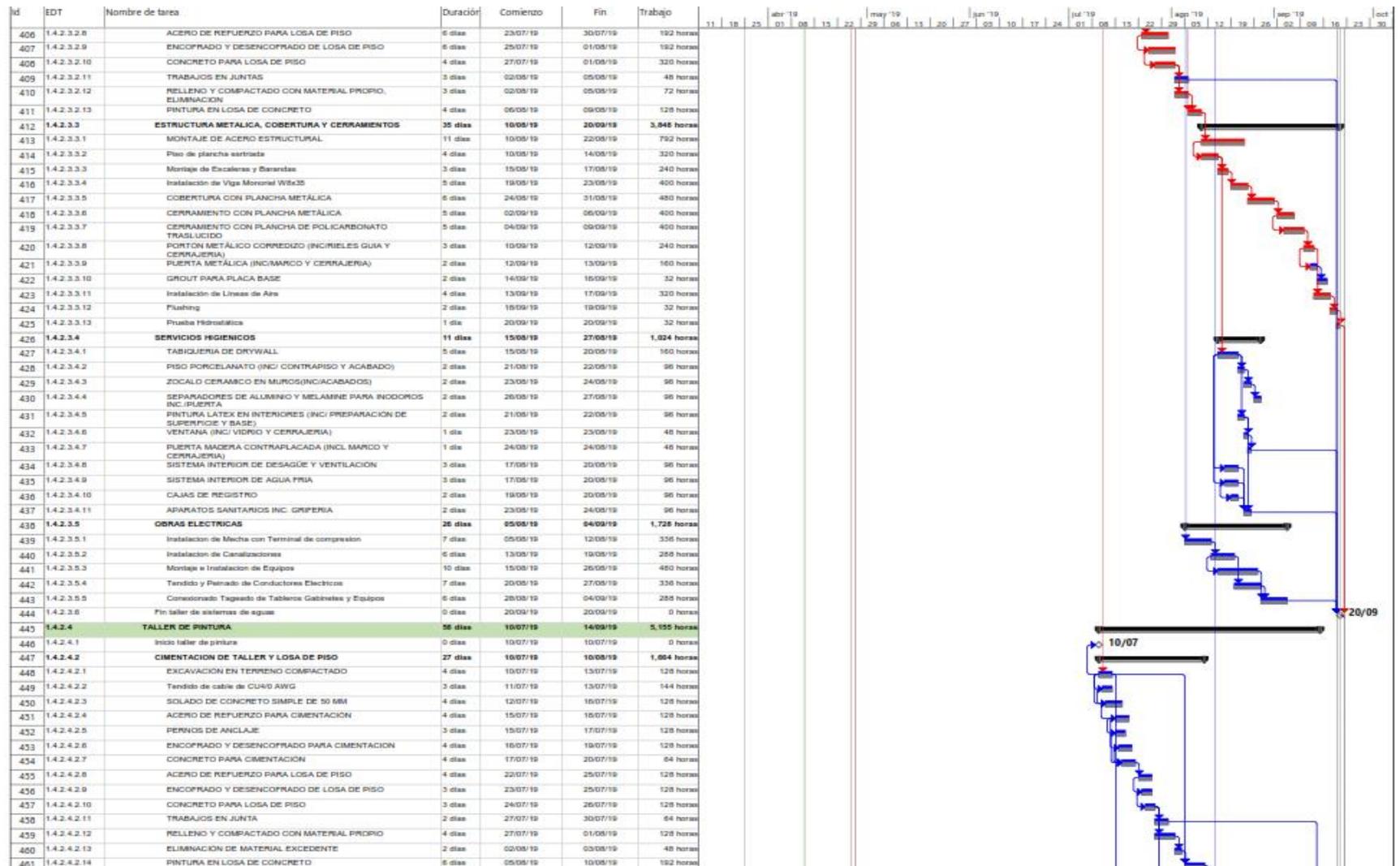


| | | | | | | |
|-----|---------------|------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| 257 | 1.4.1.9.3 | ESTRUCTURA METALICA, COBERTURA Y CERRAMIENTOS | 30 dias | 05/07/19 | 09/08/19 | 1,728 horas |
| 258 | 1.4.1.9.3.1 | Montaje y desmontaje de Andamios | 4 dias | 05/07/19 | 09/07/19 | 120 horas |
| 259 | 1.4.1.9.3.2 | Montaje de estructuras | 8 dias | 10/07/19 | 18/07/19 | 512 horas |
| 260 | 1.4.1.9.3.3 | COBERTURA CON PLANCHA METALICA | 8 dias | 19/07/19 | 27/07/19 | 512 horas |
| 261 | 1.4.1.9.3.4 | CERRAMIENTO CON PLANCHA METALICA | 8 dias | 30/07/19 | 07/08/19 | 512 horas |
| 262 | 1.4.1.9.3.5 | GROUT PARA PLACA BASE | 2 dias | 06/08/19 | 08/08/19 | 64 horas |
| 263 | 1.4.1.9.4 | INSTALACIONES MECANICAS | 14 dias | 10/08/19 | 24/09/19 | 448 horas |
| 264 | 1.4.1.9.4.1 | Traslado de tanque pulmon y montaje(reubicado) | 3 dias | 10/08/19 | 13/08/19 | 96 horas |
| 265 | 1.4.1.9.4.2 | Instalacion de linea de aire | 6 dias | 14/08/19 | 20/08/19 | 192 horas |
| 266 | 1.4.1.9.4.3 | Flushing | 2 dias | 21/08/19 | 22/08/19 | 64 horas |
| 267 | 1.4.1.9.4.4 | Pruebas Hidrostaticas | 3 dias | 23/08/19 | 26/08/19 | 96 horas |
| 268 | 1.4.1.9.5 | OBRAS ELECTRICAS | 27 dias | 07/08/19 | 07/09/19 | 1,632 horas |
| 269 | 1.4.1.9.5.1 | Instalacion de Mecha con Terminal de compresion | 5 dias | 07/08/19 | 12/08/19 | 160 horas |
| 270 | 1.4.1.9.5.2 | Instalacion de Canalizaciones | 12 dias | 13/08/19 | 25/08/19 | 384 horas |
| 271 | 1.4.1.9.5.3 | Montaje e Instalacion de Equipos | 12 dias | 17/08/19 | 31/08/19 | 384 horas |
| 272 | 1.4.1.9.5.4 | Tendido y Peinado de Conductores Electricos | 12 dias | 22/08/19 | 05/09/19 | 384 horas |
| 273 | 1.4.1.9.5.5 | Conexionado Tagado de Tableros Gabinete, y Equipos | 10 dias | 27/08/19 | 07/09/19 | 320 horas |
| 274 | 1.4.1.9.6 | Fin almacen de equipos y herramientas | 0 dias | 07/09/19 | 07/09/19 | 0 horas |
| 275 | 1.4.1.10 | TALLER DE SOLDADURA MAYOR | 109 dias | 14/05/19 | 20/09/19 | 17,396 horas |
| 276 | 1.4.1.10.1 | Inicio de taller de soldadura mayor | 0 dias | 14/05/19 | 14/05/19 | 0 horas |
| 277 | 1.4.1.10.2 | LOSA DE CONCRETO ARMADO | 36 dias | 14/05/19 | 24/06/19 | 8,632 horas |
| 278 | 1.4.1.10.2.1 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 15 dias | 14/05/19 | 30/05/19 | 720 horas |
| 279 | 1.4.1.10.2.2 | Tendido de cable de CU#0 AWG | 7 dias | 16/05/19 | 23/05/19 | 280 horas |
| 280 | 1.4.1.10.2.3 | SOLADO DE CONCRETO SIMPLE DE 50 MM | 20 dias | 16/05/19 | 07/06/19 | 720 horas |
| 281 | 1.4.1.10.2.4 | ACERO DE REFUERZO PARA LOSA DE PISO | 25 dias | 18/05/19 | 15/06/19 | 1,200 horas |
| 282 | 1.4.1.10.2.5 | ENCOPRADO Y DESENCOPRADO DE LOSA DE PISO | 27 dias | 21/05/19 | 20/06/19 | 1,296 horas |
| 283 | 1.4.1.10.2.6 | PERNOS DE ANCLAJE | 27 dias | 21/05/19 | 20/06/19 | 432 horas |
| 284 | 1.4.1.10.2.7 | CONCRETO PARA LOSA DE PISO | 27 dias | 24/05/19 | 24/06/19 | 2,160 horas |
| 285 | 1.4.1.10.2.8 | RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO | 22 dias | 30/05/19 | 24/06/19 | 880 horas |
| 286 | 1.4.1.10.2.9 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | 22 dias | 30/05/19 | 24/06/19 | 704 horas |
| 287 | 1.4.1.10.2.10 | TRABAJOS EN JUNTAS | 15 dias | 31/05/19 | 17/06/19 | 240 horas |
| 288 | 1.4.1.10.3 | LOSA DE CONCRETO ARMADO REFORZADO CON RIELES | 12 dias | 31/05/19 | 13/06/19 | 640 horas |
| 289 | 1.4.1.10.3.1 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 10 dias | 31/05/19 | 11/06/19 | 320 horas |
| 290 | 1.4.1.10.3.2 | SOLADO DE CONCRETO SIMPLE DE 50 MM | 10 dias | 03/06/19 | 13/06/19 | 320 horas |
| 291 | 1.4.1.10.4 | INSTALACION DE RIELES PARA LOSA REFORZADA | 12 dias | 31/05/19 | 13/06/19 | 960 horas |
| 292 | 1.4.1.10.4.1 | Selección y traslado de Rieles en Almacenes de SPCC | 4 dias | 31/05/19 | 04/06/19 | 192 horas |
| 293 | 1.4.1.10.4.2 | Traslado de Rieles a Almacenes AID | 4 dias | 04/06/19 | 07/06/19 | 192 horas |
| 294 | 1.4.1.10.4.3 | Limpieza mecánica de rieles | 6 dias | 05/06/19 | 13/06/19 | 384 horas |
| 295 | 1.4.1.10.4.4 | Traslado a posición final en losa | 4 dias | 10/06/19 | 13/06/19 | 192 horas |
| 296 | 1.4.1.10.5 | REFORZAMIENTO CON RIELES MONTAJE Y SOLDADURA | 32 dias | 03/06/19 | 16/07/19 | 2,640 horas |
| 297 | 1.4.1.10.5.1 | Montaje de Riel en posición final | 8 dias | 12/06/19 | 20/06/19 | 384 horas |
| 298 | 1.4.1.10.5.2 | Soldadura de rieles en posición final | 8 dias | 13/06/19 | 21/06/19 | 256 horas |
| 299 | 1.4.1.10.5.3 | Nivelación y alineamiento | 8 dias | 14/06/19 | 22/06/19 | 320 horas |
| 300 | 1.4.1.10.5.4 | ACERO DE REFUERZO PARA LOSA DE PISO | 18 dias | 03/06/19 | 22/06/19 | 432 horas |
| 301 | 1.4.1.10.5.5 | ENCOPRADO Y DESENCOPRADO DE LOSA DE PISO | 18 dias | 06/06/19 | 28/06/19 | 576 horas |
| 302 | 1.4.1.10.5.6 | CONCRETO PARA LOSA DE PISO | 10 dias | 19/06/19 | 01/07/19 | 200 horas |
| 303 | 1.4.1.10.5.7 | JUNTA DE DILATACION | 6 dias | 02/07/19 | 10/07/19 | 256 horas |
| 304 | 1.4.1.10.5.8 | RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO | 6 dias | 25/06/19 | 02/07/19 | 144 horas |

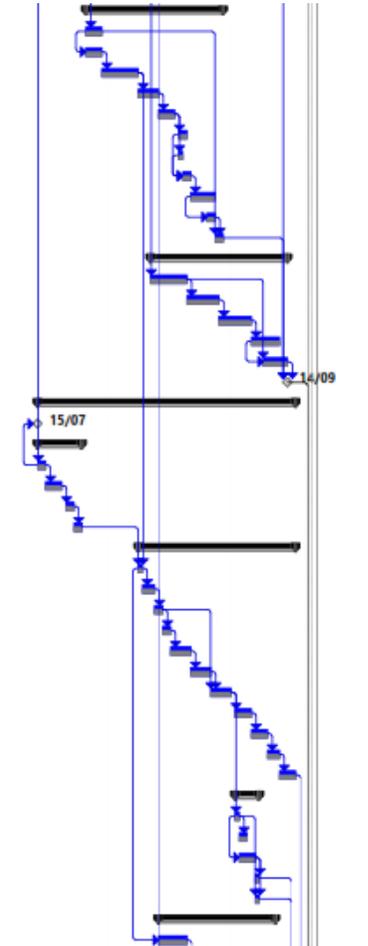


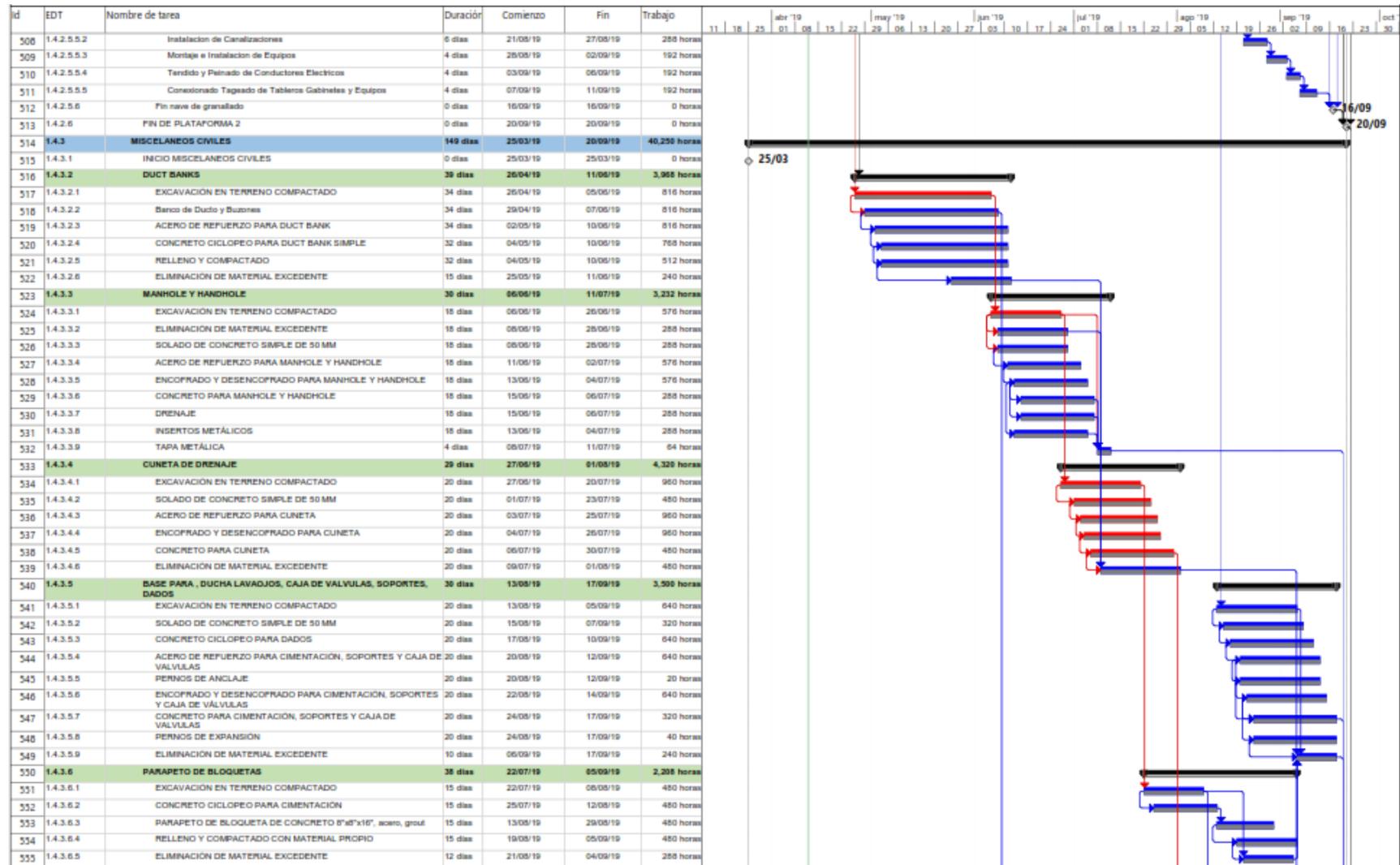
| | | | | | | |
|-----|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| 360 | 1.4.2.2.3 | ESTRUCTURA DE CUARTO DE COMPRESORA | 19 dias | 12/06/19 | 04/07/19 | 576 horas |
| 361 | 1.4.2.2.3.1 | MURO DE BLOQUETA DE CONCRETO 8"x8"x16", HACER, GROUT | 10 dias | 12/06/19 | 22/06/19 | 320 horas |
| 362 | 1.4.2.2.3.2 | DINTEL BOND BEAM | 4 dias | 17/06/19 | 20/06/19 | 32 horas |
| 363 | 1.4.2.2.3.3 | INSTALACION DE MARCO METALICO P3 , P4 Y P5 | 3 dias | 19/06/19 | 21/06/19 | 32 horas |
| 364 | 1.4.2.2.3.4 | ACERO DE REFUERZO PARA VIGAS | 3 dias | 24/06/19 | 26/06/19 | 48 horas |
| 365 | 1.4.2.2.3.5 | ENCOPRADO Y DESENCOPRADO PARA VIGAS | 4 dias | 27/06/19 | 02/07/19 | 96 horas |
| 366 | 1.4.2.2.3.6 | CONCRETO PARA VIGAS | 2 dias | 03/07/19 | 04/07/19 | 48 horas |
| 367 | 1.4.2.2.4 | ACABADOS ARQUITECTONICOS PARA CUARTO DE COMPRESORA | 14 dias | 05/07/19 | 20/07/19 | 640 horas |
| 368 | 1.4.2.2.4.1 | SOLAQUEADO Y BRUÑIDO DE MUROS Y VIGAS | 5 dias | 05/07/19 | 10/07/19 | 160 horas |
| 369 | 1.4.2.2.4.2 | PISO DE CEMENTO PULIDO (INC/CONTRARISO Y ACABADO) | 3 dias | 11/07/19 | 13/07/19 | 96 horas |
| 370 | 1.4.2.2.4.3 | CONTRAZOLCALO DE CEMENTO PULIDO | 2 dias | 11/07/19 | 12/07/19 | 64 horas |
| 371 | 1.4.2.2.4.4 | PINTURA LATEX EN EXTERIORES (INC/ PREPARACION DE SUPERFICIE Y BASE) | 4 dias | 13/07/19 | 17/07/19 | 192 horas |
| 372 | 1.4.2.2.4.5 | VENTANA V1 (INC / VIDRIO Y CERRAJERIA) | 1 dia | 18/07/19 | 18/07/19 | 64 horas |
| 373 | 1.4.2.2.4.6 | Puerta METALICA P3, p4, p5 | 3 dias | 18/07/19 | 20/07/19 | 64 horas |
| 374 | 1.4.2.2.5 | TECHO METALICO LIVIANO PARA CUARTO DE COMPRESORA | 16 dias | 03/07/19 | 23/07/19 | 576 horas |
| 375 | 1.4.2.2.5.1 | Montaje de Andamios | 2 dias | 03/07/19 | 04/07/19 | 32 horas |
| 376 | 1.4.2.2.5.2 | Montaje de estructuras | 4 dias | 05/07/19 | 09/07/19 | 128 horas |
| 377 | 1.4.2.2.5.3 | montaje de estructuras e Instalación de Soporte en Eje A | 6 dias | 10/07/19 | 16/07/19 | 192 horas |
| 378 | 1.4.2.2.5.4 | COBERTURA CON PANEL TERMO-AISLANTE (INC / ACCESORIOS) | 6 dias | 16/07/19 | 22/07/19 | 192 horas |
| 379 | 1.4.2.2.5.5 | GROUT PARA PLACA BASE | 1 dia | 23/07/19 | 23/07/19 | 32 horas |
| 380 | 1.4.2.2.6 | INSTALACIONES MECANICAS | 21 dias | 23/07/19 | 16/08/19 | 1,224 horas |
| 381 | 1.4.2.2.6.1 | Traslado e Instalacion de compresor (reubicado), secador (reubicado), tanque pulmón (reubicado), sistema de filtrado (Pre filtro, Post filtro / reubicados), etc. | 3 dias | 23/07/19 | 25/07/19 | 72 horas |
| 382 | 1.4.2.2.6.2 | Instalación de Tubería de enfriamiento de Compresor | 4 dias | 26/07/19 | 31/07/19 | 256 horas |
| 383 | 1.4.2.2.6.3 | Traslado e Instalación de Secador | 2 dias | 26/07/19 | 27/07/19 | 64 horas |
| 384 | 1.4.2.2.6.4 | Traslado e Instalación de Tanque Pulmón | 2 dias | 30/07/19 | 31/07/19 | 64 horas |
| 385 | 1.4.2.2.6.5 | Instalación de Sistema de Filtrado | 2 dias | 01/08/19 | 02/08/19 | 64 horas |
| 386 | 1.4.2.2.6.6 | Instalación de Tuberías de Aire | 10 dias | 03/08/19 | 14/08/19 | 640 horas |
| 387 | 1.4.2.2.6.7 | Flushing | 2 dias | 15/08/19 | 16/08/19 | 32 horas |
| 388 | 1.4.2.2.6.8 | Pruebas Hidráulicas | 2 dias | 15/08/19 | 16/08/19 | 32 horas |
| 389 | 1.4.2.2.7 | INSTALACIONES ELECTRICAS | 25 dias | 05/07/19 | 03/08/19 | 1,152 horas |
| 390 | 1.4.2.2.7.1 | Instalacion de Mecha con Terminal de compresion | 8 dias | 05/07/19 | 13/07/19 | 384 horas |
| 391 | 1.4.2.2.7.2 | Instalacion de Canalizaciones | 4 dias | 15/07/19 | 19/07/19 | 192 horas |
| 392 | 1.4.2.2.7.3 | Montaje e Instalacion de Equipos | 4 dias | 19/07/19 | 23/07/19 | 192 horas |
| 393 | 1.4.2.2.7.4 | Tendido y Pelmado de Conductores Electricos | 4 dias | 24/07/19 | 27/07/19 | 192 horas |
| 394 | 1.4.2.2.7.5 | Conexonado Tapedo de Tableros Gabinete y Equipos | 5 dias | 30/07/19 | 03/08/19 | 192 horas |
| 395 | 1.4.2.2.8 | Fin cuarto de compresoras | 0 dias | 16/08/19 | 16/08/19 | 0 horas |
| 396 | 1.4.2.3 | TALLER DE SISTEMA DE AGUAS | 05 dias | 05/07/19 | 20/08/19 | 6,480 horas |
| 397 | 1.4.2.3.1 | Inicio taller de sistemas de aguas | 0 dias | 05/07/19 | 05/07/19 | 0 horas |
| 398 | 1.4.2.3.2 | CIMENTACION DE TALLER Y LOSA DE PISO | 30 dias | 05/07/19 | 09/08/19 | 1,800 horas |
| 399 | 1.4.2.3.2.1 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 4 dias | 05/07/19 | 09/07/19 | 128 horas |
| 400 | 1.4.2.3.2.2 | Tendido de cable de CU#6 AWG | 4 dias | 08/07/19 | 11/07/19 | 192 horas |
| 401 | 1.4.2.3.2.3 | SOLADO DE CONCRETO SIMPLE DE 50 MM | 5 dias | 10/07/19 | 15/07/19 | 128 horas |
| 402 | 1.4.2.3.2.4 | PERNOS DE ANCLAJE | 2 dias | 16/07/19 | 17/07/19 | 32 horas |
| 403 | 1.4.2.3.2.5 | ACERO DE REFUERZO PARA CIMENTACION | 4 dias | 16/07/19 | 19/07/19 | 128 horas |
| 404 | 1.4.2.3.2.6 | ENCOPRADO Y DESENCOPRADO PARA CIMENTACION | 4 dias | 17/07/19 | 20/07/19 | 128 horas |
| 405 | 1.4.2.3.2.7 | CONCRETO PARA CIMENTACION (ZAPATAS Y PEDESTALES) | 4 dias | 18/07/19 | 22/07/19 | 192 horas |



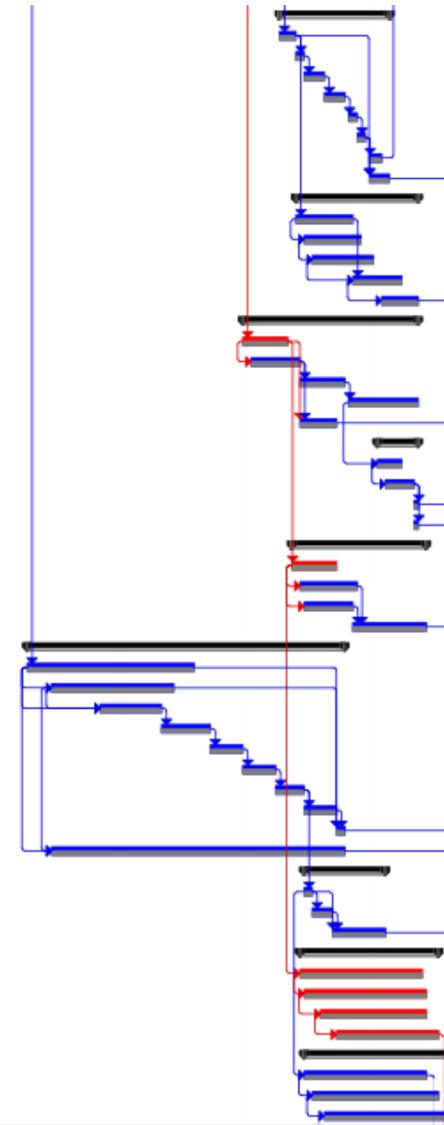


| | | | | | | |
|-----|--------------|---------------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| 462 | 1.4.2.4.3 | ESTRUCTURA METALICA, COBERTURA Y CERRAMIENTOS | 28 dias | 27/07/19 | 29/08/19 | 1,907 horas |
| 463 | 1.4.2.4.3.1 | Montaje de Andamios | 2 dias | 27/07/19 | 30/07/19 | 32 horas |
| 464 | 1.4.2.4.3.2 | Traslado de elementos a zona de montaje | 2 dias | 27/07/19 | 30/07/19 | 96 horas |
| 465 | 1.4.2.4.3.3 | Montaje de estructuras | 8 dias | 31/07/19 | 08/08/19 | 512 horas |
| 466 | 1.4.2.4.3.4 | COBERTURA CON PLANCHA METÁLICA | 4 dias | 09/08/19 | 13/08/19 | 256 horas |
| 467 | 1.4.2.4.3.5 | CERRAMIENTO CON PLANCHA METÁLICA | 4 dias | 14/08/19 | 17/08/19 | 256 horas |
| 468 | 1.4.2.4.3.6 | GROUT PARA PLACA BASE | 2 dias | 19/08/19 | 20/08/19 | 32 horas |
| 469 | 1.4.2.4.3.7 | Traslado de Tanque Pulmon | 1 dia | 19/08/19 | 19/08/19 | 32 horas |
| 470 | 1.4.2.4.3.8 | Montaje de Tanque Pulmon | 2 dias | 20/08/19 | 21/08/19 | 96 horas |
| 471 | 1.4.2.4.3.9 | Instalación de Líneas de Aire | 5 dias | 22/08/19 | 27/08/19 | 240 horas |
| 472 | 1.4.2.4.3.10 | Flashing | 2 dias | 26/08/19 | 27/08/19 | 323 horas |
| 473 | 1.4.2.4.3.11 | Prueba Hidrostática | 2 dias | 26/08/19 | 29/08/19 | 32 horas |
| 474 | 1.4.2.4.4 | OBRAS ELECTRICAS | 29 dias | 12/08/19 | 14/09/19 | 1,584 horas |
| 475 | 1.4.2.4.4.1 | Instalacion de Mecha con Terminal de compresion | 8 dias | 12/08/19 | 20/08/19 | 384 horas |
| 476 | 1.4.2.4.4.2 | Instalacion de Canalizaciones | 7 dias | 21/08/19 | 28/08/19 | 336 horas |
| 477 | 1.4.2.4.4.3 | Montaje e Instalacion de Equipos | 6 dias | 29/08/19 | 05/09/19 | 288 horas |
| 478 | 1.4.2.4.4.4 | Tendido y Peinado de Conductores Electricos | 6 dias | 06/09/19 | 12/09/19 | 288 horas |
| 479 | 1.4.2.4.4.5 | Conexionado Tagado de Tableros Gabinetes y Equipos | 6 dias | 09/09/19 | 14/09/19 | 288 horas |
| 480 | 1.4.2.4.5 | Fin taller de pintura | 0 dias | 14/09/19 | 14/09/19 | 0 horas |
| 481 | 1.4.2.5 | NAVE DE GRANALLADO | 53 dias | 15/07/19 | 16/09/19 | 3,008 horas |
| 482 | 1.4.2.5.1 | Inicio nave de granallado | 0 dias | 15/07/19 | 15/07/19 | 0 horas |
| 483 | 1.4.2.5.2 | MOVIMIENTO DE TIERRAS | 10 dias | 15/07/19 | 25/07/19 | 512 horas |
| 484 | 1.4.2.5.2.1 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 2 dias | 15/07/19 | 16/07/19 | 128 horas |
| 485 | 1.4.2.5.2.2 | Tendido de cable de CU4/0 AWG | 4 dias | 17/07/19 | 20/07/19 | 128 horas |
| 486 | 1.4.2.5.2.3 | RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO | 2 dias | 22/07/19 | 23/07/19 | 128 horas |
| 487 | 1.4.2.5.2.4 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | 2 dias | 24/07/19 | 25/07/19 | 128 horas |
| 488 | 1.4.2.5.3 | Movilización e Instalación de Nave de Granallado | 32 dias | 09/08/19 | 16/09/19 | 912 horas |
| 489 | 1.4.2.5.3.1 | Bloqueo y Etiquetado Sistema Eléctrico | 1 dia | 09/08/19 | 09/08/19 | 32 horas |
| 490 | 1.4.2.5.3.2 | Desmontaje de Sistema Eléctrico | 2 dias | 10/08/19 | 12/08/19 | 32 horas |
| 491 | 1.4.2.5.3.3 | Desmontaje de carrío y rieles | 2 dias | 13/08/19 | 14/08/19 | 32 horas |
| 492 | 1.4.2.5.3.4 | Desmontaje de bastidor de rieles | 2 dias | 15/08/19 | 16/08/19 | 32 horas |
| 493 | 1.4.2.5.3.5 | Desmontaje de Techo | 4 dias | 17/08/19 | 21/08/19 | 64 horas |
| 494 | 1.4.2.5.3.6 | Desmontaje de Laterales | 4 dias | 22/08/19 | 26/08/19 | 64 horas |
| 495 | 1.4.2.5.3.7 | Transporte de Elementos a nueva ubicación | 4 dias | 27/08/19 | 31/08/19 | 32 horas |
| 496 | 1.4.2.5.3.8 | Montaje de Laterales | 4 dias | 02/09/19 | 05/09/19 | 192 horas |
| 497 | 1.4.2.5.3.9 | Montaje de Techo | 3 dias | 06/09/19 | 09/09/19 | 144 horas |
| 498 | 1.4.2.5.3.10 | Montaje de Bastidor de Rieles | 3 dias | 10/09/19 | 12/09/19 | 144 horas |
| 499 | 1.4.2.5.3.11 | Montaje de Rieles y Carrío | 3 dias | 13/09/19 | 16/09/19 | 144 horas |
| 500 | 1.4.2.5.4 | Instalaciones Mecánicas | 6 dias | 02/09/19 | 07/09/19 | 432 horas |
| 501 | 1.4.2.5.4.1 | Traslado de Tanque Pulmon | 1 dia | 02/09/19 | 02/09/19 | 48 horas |
| 502 | 1.4.2.5.4.2 | Montaje de Tanque Pulmon | 2 dias | 03/09/19 | 04/09/19 | 128 horas |
| 503 | 1.4.2.5.4.3 | Instalación de Líneas de Aire | 4 dias | 03/09/19 | 06/09/19 | 192 horas |
| 504 | 1.4.2.5.4.4 | Flashing | 1 dia | 07/09/19 | 07/09/19 | 32 horas |
| 505 | 1.4.2.5.4.5 | Prueba Hidrostática | 1 dia | 07/09/19 | 07/09/19 | 32 horas |
| 506 | 1.4.2.5.5 | OBRAS ELECTRICAS | 24 dias | 14/08/19 | 11/09/19 | 1,152 horas |
| 507 | 1.4.2.5.5.1 | Instalacion de Mecha con Terminal de compresion | 6 dias | 14/08/19 | 20/08/19 | 288 horas |





| | | | | | | |
|-----|-------------|---------------------------------------------------|----------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| 550 | 1.4.3.7 | ESCALERA DE ACCESO DE PLATAFORMA 1 Y 2 | 22 días | 06/05/19 | 04/09/19 | 856 horas |
| 557 | 1.4.3.7.1 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 3 días | 06/05/19 | 12/05/19 | 96 horas |
| 558 | 1.4.3.7.2 | SOLADO DE CONCRETO SIMPLE DE 50 MM | 2 días | 13/05/19 | 14/05/19 | 32 horas |
| 559 | 1.4.3.7.3 | ACERO DE REFUERZO PARA CIMENTACION | 4 días | 15/05/19 | 19/05/19 | 128 horas |
| 560 | 1.4.3.7.4 | ENCOPRADO PARA CIMENTACION | 5 días | 20/05/19 | 24/05/19 | 160 horas |
| 561 | 1.4.3.7.5 | CONCRETO PARA CIMENTACION | 2 días | 26/05/19 | 27/05/19 | 160 horas |
| 562 | 1.4.3.7.6 | DESENCOPRADO PARA CIMENTACION | 2 días | 28/05/19 | 29/05/19 | 40 horas |
| 563 | 1.4.3.7.7 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | 2 días | 31/05/19 | 02/06/19 | 48 horas |
| 564 | 1.4.3.7.8 | ESCALERA METÁLICA | 4 días | 31/05/19 | 04/06/19 | 192 horas |
| 565 | 1.4.3.8 | BARANDAS EN PLATAFORMA 1 | 25 días | 13/05/19 | 11/09/19 | 1,200 horas |
| 566 | 1.4.3.8.1 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 12 días | 13/05/19 | 26/05/19 | 288 horas |
| 567 | 1.4.3.8.2 | SOLADO DE CONCRETO SIMPLE DE 50 MM | 12 días | 15/05/19 | 28/05/19 | 288 horas |
| 568 | 1.4.3.8.3 | CONCRETO CICLOPEO PARA CIMENTACION | 12 días | 17/05/19 | 31/05/19 | 240 horas |
| 569 | 1.4.3.8.4 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | 10 días | 27/05/19 | 07/06/19 | 192 horas |
| 570 | 1.4.3.8.5 | BARANDA METALICAS | 8 días | 03/06/19 | 11/06/19 | 192 horas |
| 571 | 1.4.3.9 | CERCO PERIMETRICO - CERRAMIENTO | 36 días | 31/07/19 | 11/09/19 | 2,304 horas |
| 572 | 1.4.3.9.1 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 10 días | 31/07/19 | 10/08/19 | 320 horas |
| 573 | 1.4.3.9.2 | CONCRETO CICLOPEO PARA CIMENTACION | 10 días | 02/08/19 | 13/08/19 | 320 horas |
| 574 | 1.4.3.9.3 | RETIRO DE CERRAMIENTO EXISTENTE | 10 días | 14/08/19 | 24/08/19 | 896 horas |
| 575 | 1.4.3.9.4 | MONTAJE DE CERCO | 14 días | 26/08/19 | 11/09/19 | 852 horas |
| 576 | 1.4.3.9.5 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | 8 días | 14/05/19 | 22/05/19 | 216 horas |
| 577 | 1.4.3.10 | Instalación de Tubería de Acero de Aire | 9 días | 02/09/19 | 11/09/19 | 400 horas |
| 578 | 1.4.3.10.1 | Instalación de Soporte de Tubería | 6 días | 02/09/19 | 07/09/19 | 288 horas |
| 579 | 1.4.3.10.2 | Instalación de Tubería | 6 días | 04/09/19 | 10/09/19 | 48 horas |
| 580 | 1.4.3.10.3 | Flushing | 1 día | 11/09/19 | 11/09/19 | 32 horas |
| 581 | 1.4.3.10.4 | Prueba Hidrostática | 1 día | 11/09/19 | 11/09/19 | 32 horas |
| 582 | 1.4.3.11 | CERCO PERIMETRICO - MALLA | 28 días | 12/08/19 | 13/09/19 | 1,878 horas |
| 583 | 1.4.3.11.1 | EXCAVACION EN TERRENO COMPACTADO | 10 días | 12/08/19 | 22/08/19 | 390 horas |
| 584 | 1.4.3.11.2 | CONCRETO CICLOPEO PARA CIMENTACION | 12 días | 14/08/19 | 27/08/19 | 160 horas |
| 585 | 1.4.3.11.3 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | 10 días | 15/08/19 | 26/08/19 | 360 horas |
| 586 | 1.4.3.11.4 | ESTRUCTURA METÁLICA PARA CERCO CON MALLA OLÍMPICA | 15 días | 27/08/19 | 13/09/19 | 960 horas |
| 587 | 1.4.3.12 | OBRAS ELECTRICAS | 65 días | 06/05/19 | 24/05/19 | 6,224 horas |
| 588 | 1.4.3.12.1 | Otros(Acometida a Naves e Instalaciones) | 34 días | 06/05/19 | 18/07/19 | 1,632 horas |
| 589 | 1.4.3.12.2 | Alimentación en 4.16 KV | 25 días | 14/06/19 | 13/07/19 | 1,200 horas |
| 590 | 1.4.3.12.3 | Alumbrado Exterior Plataforma 1 | 12 días | 26/06/19 | 10/07/19 | 576 horas |
| 591 | 1.4.3.12.4 | Alumbrado Exterior Plataforma 2 | 10 días | 11/07/19 | 22/07/19 | 480 horas |
| 592 | 1.4.3.12.5 | Taller de Soldadura Mayor Tomas de Corriente | 6 días | 23/07/19 | 30/07/19 | 192 horas |
| 593 | 1.4.3.12.6 | Instalación de Postes | 7 días | 31/07/19 | 07/08/19 | 336 horas |
| 594 | 1.4.3.12.7 | Montaje e Instalación de Equipos | 6 días | 06/05/19 | 14/05/19 | 384 horas |
| 595 | 1.4.3.12.8 | Tendido y Peinado de Conductores Electricos | 7 días | 15/05/19 | 22/05/19 | 336 horas |
| 596 | 1.4.3.12.9 | Portico de MT | 2 días | 23/05/19 | 24/05/19 | 128 horas |
| 597 | 1.4.3.12.10 | Habilitación de Soportena | 80 días | 14/06/19 | 24/08/19 | 960 horas |
| 598 | 1.4.3.13 | OBRAS INSTRUMENTACION | 16 días | 15/05/19 | 03/09/19 | 1,024 horas |
| 599 | 1.4.3.13.1 | Instalación de canalizaciones | 2 días | 15/05/19 | 16/05/19 | 512 horas |
| 600 | 1.4.3.13.2 | Instalación de postes | 4 días | 17/05/19 | 21/05/19 | 256 horas |
| 601 | 1.4.3.13.3 | Instalación de Fibra Óptica | 10 días | 22/05/19 | 03/09/19 | 256 horas |
| 602 | 1.4.3.14 | RED DE DESAGUE | 28 días | 14/05/19 | 16/09/19 | 4,008 horas |
| 603 | 1.4.3.14.1 | EXCAVACION EN TERRENO CONGLOMERADO | 25 días | 14/05/19 | 12/09/19 | 1,248 horas |
| 604 | 1.4.3.14.2 | TENDIDO DE TUBERIA CONDUIT PVC - SAP | 25 días | 15/05/19 | 13/09/19 | 1,200 horas |
| 605 | 1.4.3.14.3 | RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO | 22 días | 19/05/19 | 13/09/19 | 1,200 horas |
| 606 | 1.4.3.14.4 | ELIMINACION DE MATERIAL EXCEDENTE | 20 días | 23/05/19 | 16/09/19 | 960 horas |
| 607 | 1.4.3.15 | RED DE AGUA | 31 días | 15/05/19 | 20/09/19 | 4,536 horas |
| 608 | 1.4.3.15.1 | EXCAVACION EN TERRENO CONGLOMERADO | 25 días | 15/05/19 | 13/09/19 | 1,440 horas |
| 609 | 1.4.3.15.2 | TENDIDO DE TUBERIA HDPE | 25 días | 17/05/19 | 16/09/19 | 1,840 horas |
| 610 | 1.4.3.15.3 | RELLENO Y COMPACTADO CON MATERIAL PROPIO | 25 días | 20/05/19 | 18/09/19 | 1,200 horas |



3.5.5.2 Determinación de restricciones del proyecto

Este estudio se realizó a los 60 días de haber iniciado el proyecto, en la tabla 6, se muestra el primer resultado del análisis de restricciones realizado en las áreas que se indicó anteriormente como son:

- Personal
- Equipos y herramientas
- Materiales
- Definiciones

Es importante utilizar los EDT de la línea base, para tener una trazabilidad de las restricciones tal como se muestra en la ilustración 6.

Tabla 6.
Análisis de restricciones a los 60 días de haber iniciado el proyecto.

| EDT | ACTIVIDADES ESPECIFICAS | ANÁLISIS DE RESTRICCIONES | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|--------------|------------------------|-------------|-----------------|-------------------------------|--------------|-------------|-----------------|-------------------------------------------|-----------------|-------------|-----------------|--------------|
| | | Personal | | | | Equipos y herramientas | | | | Materiales | | | | Definiciones | | | |
| | | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin |
| 1.4.1.3 | TRAMPA DE ACEITE | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.3.14 | Tapa metálica | | | | | | | | Tapa metálica | Sup Mecánica | 30/04/2019 | 10/05/2019 | | | | | |
| 1.4.1.5 | TRANSFORMADOR ELECTRICO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.5.2.9 | Montaje de rejilla metálica | | | | | | | | Grating modificado | Sup Mecánica | 15/04/2019 | 25/04/2019 | | | | | |
| | Pruebas de transformador (subcontrato) | | | | | | | | | | | | Costo de pruebas | Oficina Técnica | 05/05/2019 | 15/05/2019 | |
| 1.4.1.6 | CUARTO ELECTRICO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.6.4 | ACABADOS ARQUITECTONICOS PARA CUARTO ELECTRICO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.6.4.1 | Pintura latex en exteriores (Inc marco y cerrajería) | | | | | | | | | | | | Procedimiento y sistema de pintura | Oficina Técnica | 19/05/2019 | 29/05/2019 | |
| 1.4.1.6.4.3 | Montaje de puerta metálica P1 y P2 | | | | | | | | | | | | Plano actualizado | Oficina Técnica | 24/05/2019 | 03/06/2019 | |
| 1.4.1.6.5 | OBRAS MECANICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.6.5.4 | Canaleta pluvial y tubería de drenaje | | | | | | | | Canaleta y tubería de drenaje | Sup Mecánica | 20/06/2019 | 30/06/2019 | Plano actualizado | Oficina Técnica | 22/05/2019 | 01/06/2019 | |
| 1.4.1.7 | OFICINA, COMEDOR Y VESTUARIOS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.7.4 | ACABADOS ARQUITECTONICOS PARA EDIFICIO PRIMER PISO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.7.4.6 | Pintura latex en cielo raso (Inc/preparación de superficie y base) | | | | | | | | | | | | Definir color de pintura exterior | Oficina Técnica | 12/06/2019 | 22/06/2019 | |
| 1.4.1.7.4.6 | Pintura latex en cielo raso (Inc/preparación de superficie y base) | | | | | | | | | | | | Definir color de pintura interior | Oficina Técnica | 12/06/2019 | 22/06/2019 | |
| 1.4.1.7.4.7 | Zocalo cerámico en muros (Inc. Acabados) | | | | | | | | | | | | Definir porcelanato | Oficina Técnica | 16/06/2019 | 26/06/2019 | |
| 1.4.1.7.4.11 | Montaje de ventanas (Inc / vidrio y cerrajería) | | | | | | | | | | | | Definir ventanas | Oficina Técnica | 16/06/2019 | 26/06/2019 | |
| 1.4.1.7.4.12 | Puerta de madera contraplacada | | | | | | | | | | | | Definir puertas contraplacadas exteriores | Oficina Técnica | 26/06/2019 | 05/09/2019 | |
| 1.4.1.7.4.12 | Puerta de madera contraplacada | | | | | | | | | | | | Definir puertas contraplacadas interiores | Oficina Técnica | 26/06/2019 | 05/09/2019 | |
| | SEGUNDO PISO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.7.4.6 | Pintura latex en cielo raso (Inc/preparación de superficie y base) | | | | | | | | | | | | Definir color de pintura exterior | Oficina Técnica | 12/06/2019 | 22/06/2019 | |
| 1.4.1.7.4.6 | Pintura latex en cielo raso (Inc/preparación de superficie y base) | | | | | | | | | | | | Definir color de pintura interior | Oficina Técnica | 12/06/2019 | 22/06/2019 | |
| 1.4.1.7.4.7 | Zocalo cerámico en muros (Inc. Acabados) | | | | | | | | | | | | Definir porcelanato | Oficina Técnica | 16/06/2019 | 26/06/2019 | |
| 1.4.1.7.4.9 | Cobertura de ladrillo pastelerio | | | | | | | | | | | | Definir volado de ladrillo | Oficina Técnica | 24/07/2019 | 03/08/2019 | |
| 1.4.1.7.4.10 | Impermeabilización de techo con pintura elastomerica | | | | | | | | | | | | Pintura y Procedimiento | Oficina Técnica | 24/07/2019 | 03/08/2019 | |
| 1.4.1.7.4.11 | Montaje de ventanas (Inc / vidrio y cerrajería) | | | | | | | | | | | | Definir ventanas | Oficina Técnica | 16/06/2019 | 26/06/2019 | |
| 1.4.1.7.4.12 | Puerta de madera contraplacada | | | | | | | | | | | | Definir puertas contraplacadas exteriores | Oficina Técnica | 26/06/2019 | 05/09/2019 | |
| 1.4.1.7.4.12 | Puerta de madera contraplacada | | | | | | | | | | | | Definir puertas contraplacadas interiores | Oficina Técnica | 26/06/2019 | 05/09/2019 | |

| EDT | ACTIVIDADES ESPECIFICAS | ANALISIS DE RESTRICCIONES | | | | | | | | | | | | | | | |
|------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|--------------|------------------------|-------------|-----------------|--------------|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | | Personal | | | | Equipos y herramientas | | | | Materiales | | | | Definiciones | | | |
| | | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin |
| 1.4.1.7.4.13 | Instalación de tabiquería | | | | | | | | | | | | | Definir drywall, separadores de duchas, separadores de urinarios, separadores de baños | Oficina Técnica | 26/05/2019 | 05/09/2019 |
| 1.4.1.7.4.14 | Separadores de baños | | | | | | | | | | | | | Separadores de duchas, separadores de urinarios, separadores de baños | Oficina Técnica | 04/09/2019 | 14/09/2019 |
| 1.4.1.7.4.15 | Instalación de baranda metálicas para escaleras | | | | | | | | | Barandas | Sup. Mecánica | 05/05/2019 | 15/05/2019 | | | | |
| 1.4.1.7.5 | INSTALACIONES SANITARIAS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.7.5.3 | Termo eléctrica | | | | | | | | | | | | | Definir Termo | Oficina Técnica | 11/05/2019 | 21/05/2019 |
| 1.4.1.7.5.4 | Lavadero de comedor inc (soporte y grifería) | | | | | | | | | | | | | Definir soporte | Oficina Técnica | 06/09/2019 | 16/09/2019 |
| 1.4.1.7.5.5 | Aparatos sanitarios inc. grifería | | | | | | | | | | | | | Definir inodoros, duchas, urinarios, lavamanos, grifería | Oficina Técnica | 06/09/2019 | 16/09/2019 |
| | POR DEFINIR | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Montaje y conexión HVAC | | | | | | | | | Equipos de aire acondicionado del cliente | Sup Mecánica | 20/05/2019 | 30/05/2019 | | | | |
| 1.4.1.8 | ALMACEN DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.8.2 | CIMENTACIÓN DE TALLER Y LOSA DE PISO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.8.3.11 | Grout en columnas | | | | | | | | | 20 listones de madera de 3 m. (1/2" x 1/2") | Sup. Civil | 25/06/2019 | 05/07/2019 | | | | |
| 1.4.1.8.2.12 | Trabajos en juntas | | | | | | | | | | | | | Procedimiento de aplicación de sikaflex | Oficina Técnica | 10/05/2019 | 20/05/2019 |
| 1.4.1.8.2.13 | Pintura en losa de concreto | | | | | | | | | Pintura | Oficina Técnica | 17/05/2019 | 27/05/2019 | Procedimiento de aplicación de pintura | Oficina Técnica | 20/05/2019 | 30/05/2019 |
| 1.4.1.8.3 | MONTAJE DE ACERO ESTRUCTURAL | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.8.3.4 | Instalación viga monorriel W6X35 | | | | | | | | | | | | | Prueba de soldadura a unión soldada | Sup. Mecánica | 05/06/2019 | 15/06/2019 |
| 1.4.1.8.3.7 | Cerramiento con plancha metálica | | | | | | | | | Falta curvas de coberturas | Sup. Mecánica | 12/06/2019 | 22/06/2019 | | | | |
| 1.4.1.8.3.10 | Puerta metálica (Inc./Heles guía y cerrajería) | | | | | | | | | Puertas cierra puertas y chapa | Sup. Mecánica | 26/06/2019 | 06/07/2019 | | | | |
| 1.4.1.8.4 | OBRA ELECTRICA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.8.4.1 | Instalación de mecha con terminal de compresión | | | | | | | | | | | | | Procedimiento de grauteado | Oficina Técnica | 29/05/2019 | 05/06/2019 |
| 1.4.1.9 | TALLER DE SOLDADURA MENOR | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.9.1 | CIMENTACIÓN DE TALLER Y LOSA DE PISO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.9.2.9 | Concreto para losa de piso | | | | | | | | | | | | | Procedimiento de reparación | Calidad | 10/05/2019 | 24/05/2019 |
| | Vaciado de losa para tanque pulmón | | | | | | | | | | | | | Definir plano final | Oficina Técnica | 03/05/2019 | 13/05/2019 |
| 1.4.1.9.2.12 | Pintura en losa de concreto | | | | | | | | | | | | | Definir sistema de pintura y planos definitivos | Oficina Técnica | 26/05/2019 | 05/06/2019 |
| 1.4.1.9.3 | ESTRUCTURA METALICA COBERTURA Y CERRAMIENTOS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.9.3.2 | Montaje de estructuras | | | | | | | | | Falta tensores para estructuras de techo | Sup. Mecánica | 30/06/2019 | 10/07/2019 | | | | |
| 1.4.1.9.3.3 | Cobertura con plancha metálica | | | | | | | | | Falta curvas de coberturas | Sup. Mecánica | 09/07/2019 | 19/07/2019 | | | | |

| EDT | ACTIVIDADES ESPECIFICAS | ANALISIS DE RESTRICCIONES | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------------|-----------------------------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|--------------|------------------------|-------------|-----------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------|-----------------|--------------|------------------------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | | Personal | | | | Equipos y herramientas | | | | Materiales | | | | Definiciones | | | |
| | | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin |
| 1.4.1.9.3.2 | Montaje de estructuras | | | | | | | | | | | | | Procedimiento de resane de pintura | Sup. Mecánica | 30/05/2019 | 10/07/2019 |
| 1.4.1.9.4 | INSTALACIONES MECANICAS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.9.4.1 | Traslado de tanque tanque pulmón y montaje | | | | | | | | | Tanque pulmón material que tiene que entregar el cliente, solicitar fecha de entrega | Sup. Mecánica | 31/07/2019 | 10/05/2019 | | | | |
| 1.4.1.9.4.2 | Instalación de líneas de aire | | | | | | | | | Tuberías de aire y accesorios | Sup. Mecánica | 04/05/2019 | 14/05/2019 | | | | |
| 1.4.1.10 | TALLER DE SOLDADURA MAYOR | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.10.8 | LOSA PARA MOTOSOLDADORAS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.10.2.1 | Excavación en terreno compactado | | | | | | | | | | | | | Plano actualizado | Oficina Técnica | 04/05/2019 | 14/05/2019 |
| 1.4.1.10.2.2 | Tendido de cable de CUA/0 AWG | | | | | | | | | | | | | Plano actualizado | Oficina Técnica | 06/05/2019 | 16/05/2019 |
| 1.4.1.10.8.3 | Acero de refuerzo para losa de piso | | | | | | | | | | | | | Plano actualizado | Oficina Técnica | 06/05/2019 | 18/05/2019 |
| 1.4.1.10.8.4 | Encofrado para losa de piso | | | | | | | | | | | | | Plano actualizado | Oficina Técnica | 11/05/2019 | 21/05/2019 |
| 1.4.1.10.8.5 | Concreto para losa de piso | | | | | | | | | | | | | Plano actualizado | Oficina Técnica | 14/05/2019 | 24/05/2019 |
| 1.4.1.10.7 | INSTALACIONES MECANICAS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.1.10.7.1 | Desmontaje de 02 gruas pescantes (cap.=0.3ton) | | | | | | | | | Grúa pescante 1 y 2; material entregado por el cliente | Sup Mecánica | 14/06/2019 | 24/06/2019 | | | | |
| 1.4.1.10.7.3 | Montaje de 02 gruas pescantes (cap.=0.3ton) | | | | | | | | | Grúa pescante 1 y 2; material entregado por el cliente | Sup Mecánica | 17/06/2019 | 27/06/2019 | | | | |
| | Instalación de prensa | | | | | | | | | Prensa; material entregado por el cliente | Sup Mecánica | 17/06/2019 | 27/06/2019 | | | | |
| 1.4.1.10.7.6 | Montaje de tanque pulmón (reubicado) | | | | | | | | | Tanque pulmón; material entregado por el cliente | Sup Mecánica | 18/06/2019 | 28/06/2019 | | | | |
| | Instalación de ducha | | | | | | | | | Duchas lavajos; material entregado por el cliente | Sup Mecánica | 20/06/2019 | 30/06/2019 | | | | |
| 1.4.2.2 | CUARTO DE COMPRESORA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.2.2.4 | ACABADOS ARQUITECTONICOS PARA CUARTO DE COMPRESORA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.2.2.4.6 | Puertas metálicas P3, P4, P5 | | | | | | | | | Puertas | Sup Mecánica | 08/07/2019 | 18/07/2019 | Plano actualizado | Oficina Técnica | 08/07/2019 | 18/07/2019 |
| 1.4.2.2.6 | INSTALACIONES MECANICAS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.2.2.6.1 | Traslado e instalación de compresor (reubicado) | | | | | | | | | Compresor; material entregado por el cliente | Sup Mecánica | 13/07/2019 | 23/07/2019 | | | | |
| 1.4.2.2.6.3 | Traslado e instalación de secador (reubicado) | | | | | | | | | Secador; material entregado por el cliente | Sup Mecánica | 16/07/2019 | 26/07/2019 | | | | |
| 1.4.2.2.6.4 | Traslado e instalación de tanque pulmón (reubicado) | | | | | | | | | Tanque pulmón; material entregado por el cliente | Sup Mecánica | 20/07/2019 | 30/07/2019 | | | | |
| 1.4.2.2.6.5 | Instalación de sistema de filtrado | | | | | | | | | Tanque pulmón; material entregado por el cliente | Sup Mecánica | 22/07/2019 | 01/08/2019 | Plano sistema de filtrado | Oficina Técnica | 22/07/2019 | 01/08/2019 |

| EDT | ACTIVIDADES ESPECIFICAS | ANALISIS DE RESTRICCIONES | | | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|---------------------------------------------------------------------|---------------------------|-------------|-----------------|--------------|------------------------|-------------|-----------------|--------------|--------------------------------------------------|----------------|-----------------|--------------|-------------------|-----------------|-----------------|--------------|
| | | Personal | | | | Equipos y herramientas | | | | Materiales | | | | Definiciones | | | |
| | | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin | Restricción | Responsable | Fecha de inicio | Fecha de fin |
| 1.4.2.3 | TALLER DE SISTEMA DE AGUAS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.2.3.4 | SERVICIOS HIGIÉNICOS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.2.3.4.1 | Tabiquería de drywall | | | | | | | | | Drywall | Sup. Civil | 05/05/2019 | 15/05/2019 | | | | |
| 1.4.2.3.4.2 | Piso porcelanato (inc/ contrapiso y acabado) | | | | | | | | | Porcelanato | Sup. Civil | 11/05/2019 | 21/05/2019 | | | | |
| 1.4.2.3.4.3 | Zocalo cerámico en muros (inc/ acabado) | | | | | | | | | Cerámico | Sup. Civil | 13/05/2019 | 23/05/2019 | Plano actualizado | Oficina Técnica | 13/05/2019 | 23/05/2019 |
| 1.4.2.3.4.4 | Separadores de aluminio y melamine para inodoros inc/ puerta | | | | | | | | | Separadores inodoros | Sup. Civil | 16/05/2019 | 26/05/2019 | Plano actualizado | Oficina Técnica | 16/05/2019 | 26/05/2019 |
| 1.4.2.3.4.5 | Pintura látex en interiores (inc/ preparación de superficie y base) | | | | | | | | | Pintura | Sup. Civil | 11/05/2019 | 21/05/2019 | Plano actualizado | Oficina Técnica | 11/05/2019 | 21/05/2019 |
| 1.4.2.3.4.6 | Ventana (inc/ vidrio y cerrajería) | | | | | | | | | Ventana | Sup. Civil | 13/05/2019 | 23/05/2019 | Plano actualizado | Oficina Técnica | 13/05/2019 | 23/05/2019 |
| 1.4.2.3.4.7 | Puerta madera contraplicada (inc/ marco y cerrajería) | | | | | | | | | Puerta | Sup. Civil | 14/05/2019 | 24/05/2019 | Plano actualizado | Oficina Técnica | 14/05/2019 | 24/05/2019 |
| 1.4.2.3.4.10 | Cajas de registro | | | | | | | | | Caja de registro | Sup. Civil | 09/05/2019 | 19/05/2019 | | | | |
| 1.4.2.3.4.11 | Aparatos sanitarios inc grifería | | | | | | | | | Sanitarios | Sup. Civil | 13/05/2019 | 23/05/2019 | | | | |
| 1.4.2.3.3 | ESTRUCTURA METALICA, COBERTURA Y CERRAMIENTOS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.2.3.3.3 | Montaje de escaleras y barandas | | | | | | | | | Pernos de anclaje | Sup Mecánica | 05/05/2019 | 15/05/2019 | | | | |
| 1.4.2.4 | TALLER DE PINTURA | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.2.4.3 | ESTRUCTURA METALICA, COBERTURA Y CERRAMIENTOS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.2.4.3.3 | Montaje de estructuras | | | | | | | | | Pernos y tuercas | Sup Mecánica | 21/07/2019 | 31/07/2019 | | | | |
| 1.4.2.4.3.5 | Montaje de tanque pulmón | | | | | | | | | Tanque pulmón; material entregado por el cliente | Sup Mecánica | 10/05/2019 | 20/05/2019 | | | | |
| 1.4.3 | MISELANEOS CIVILES | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.3.7 | ESCALERA ENTRE PLATAFORMA 1 Y 2 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.3.7.5 | Escalera metálica | | | | | | | | | Grapas para grating | Sup Mecánica | 21/05/2019 | 31/05/2019 | | | | |
| 1.4.3.9 | CERCO PERIMETRICO-CERRAMIENTO | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.3.9.3 | Retiro de cerramiento existente | | | | | | | | | Postes; material entregado por el cliente | Sup Mecánica | 04/05/2019 | 14/05/2019 | | | | |
| 1.4.3.9.4 | Montaje de cerco | | | | | | | | | CoBERTura; material entregado por el cliente | Sup Mecánica | 16/05/2019 | 26/05/2019 | | | | |
| 1.4.3.12 | OBRAS ELECTRICAS | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.4.3.12.9 | Portico MT | | | | | | | | | Crucetas ; material suministrado por el cliente | Sup. Eléctrica | 13/05/2019 | 23/05/2019 | | | | |

Fuente: Elaboración propia

3.5.5.3 Criticidad y jerarquización de restricciones

La metodología dice que debemos de tabular una a una cada restricción para poder determinar en qué área están la mayor cantidad de restricciones y así poder asignar la verdadera criticidad de cada una de estas, tal cual se puede mostrar en la tabla 7.

Tabla 7.
Selección de restricciones por áreas

| Ítem | EDT | Actividad Especifica | Área | Restricción | Fecha de inicio |
|------|------------------|--------------------------------------------------|------------------------|---------------------------------------------|-----------------|
| 1 | - | - | Personal | - | - |
| 2 | - | - | Equipos y herramientas | - | - |
| 3 | 1.4.1.3.14 | Tapa metálica | Materiales | Tapa metálica | 30/04/2019 |
| 4 | 1.4.1.5.2.9 | Montaje de rejilla metálica | Materiales | Grating modificado | 15/04/2019 |
| 5 | 1.4.1.6.5.4 | Canaleta pluvial y tubería de drenaje | Materiales | Canaleta y tubería de drenaje | 20/06/2019 |
| 6 | 1.4.1.7.4.1 5 | Instalación de barandas metálicas para escaleras | Materiales | Barandas | 05/08/2019 |
| 7 | | Montaje y conexionado HVAC | Materiales | Equipos de aire acondicionado del cliente | 20/06/2019 |
| 8 | 1.4.1.8.3.1 1 | Grout en columnas | Materiales | 20 listones de madera de 3 m. (1/2" x 1/2") | 25/06/2019 |
| 9 | 1.4.1.8.2.1 3 | Pintura en losa de concreto | Materiales | Pintura | 17/05/2019 |
| 10 | 1.4.1.8.3.7 | Cerramiento con plancha metálica | Materiales | Falta curvas de coberturas | 12/06/2019 |

| | | | | | |
|-----------|------------------|-------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 11 | 1.4.1.8.3.1 0 | Puerta metálica (Inc./rieles guía y cerrajería) | Materiales | Puertas cierra puertas y chapa | 26/06/2019 |
| 12 | 1.4.1.9.3.2 | Montaje de estructuras | Materiales | Faltan tensores para estructuras de techo | 30/06/2019 |
| 13 | 1.4.1.9.3.3 | Cobertura con plancha metálica | Materiales | Falta curvas de coberturas | 09/07/2019 |
| 14 | 1.4.1.9.4.1 | Traslado de tanque pulmón y montaje | Materiales | Tanque pulmón material que tiene que entregar el cliente, solicitar fecha de entrega | 31/07/2019 |
| 15 | 1.4.1.9.4.2 | Instalación de líneas de aire | Materiales | Tuberías de aire y accesorios | 04/08/2019 |
| 16 | 1.4.1.10.7. 1 | Desmontaje de 02 grúas pescantes (cap.=0.3ton) | Materiales | Grúa pescante 1 y 2; material entregado por el cliente | 14/06/2019 |
| 17 | 1.4.1.10.7. 3 | Montaje de 02 grúas pescantes (cap.=0.3ton) | Materiales | Grúa pescante 1 y 2; material entregado por el cliente | 17/06/2019 |
| 18 | | Instalación de prensa | Materiales | Prensa; material entregado por el cliente | 17/06/2019 |
| 19 | 1.4.1.10.7. 6 | Montaje de tanque pulmón (reubicado) | Materiales | Tanque pulmón; material entregado por el cliente | 18/06/2019 |
| 20 | | Instalación de ducha | Materiales | Duchas lavaojos; material entregado por el cliente | 20/06/2019 |

| | | | | | |
|-----------|-------------|----------------------------------------------------------------------|------------|--------------------------------------------------|------------|
| 21 | 1.4.2.2.4.6 | Puertas metálicas P3, P4, P5 | Materiales | Puertas | 08/07/2019 |
| 22 | 1.4.2.2.6.1 | Traslado e instalación de compresor (reubicado) | Materiales | Compresor; material entregado por el cliente | 13/07/2019 |
| 23 | 1.4.2.2.6.3 | Traslado e instalación de secador (reubicado) | Materiales | Secador; material entregado por el cliente | 16/07/2019 |
| 24 | 1.4.2.2.6.4 | Traslado e instalación de tanque pulmón (reubicado) | Materiales | Tanque pulmón; material entregado por el cliente | 20/07/2019 |
| 25 | 1.4.2.2.6.5 | Instalación de sistema de filtrado | Materiales | Tanque pulmón; material entregado por el cliente | 22/07/2019 |
| 26 | 1.4.2.3.4.1 | Tabiquería de drywall | Materiales | Drywall | 05/08/2019 |
| 27 | 1.4.2.3.4.2 | Piso porcelanato (inc./ contra piso y acabado) | Materiales | Porcelanato | 11/08/2019 |
| 28 | 1.4.2.3.4.3 | Zócalo cerámico en muros (inc./ acabado) | Materiales | Cerámico | 13/08/2019 |
| 29 | 1.4.2.3.4.4 | Separadores de aluminio y melamine para inodoros inc./ puerta | Materiales | Separadores Inodoros | 16/08/2019 |
| 30 | 1.4.2.3.4.5 | Pintura látex en interiores (inc./ preparación de superficie y base) | Materiales | Pintura | 11/08/2019 |
| 31 | 1.4.2.3.4.6 | Ventana (inc./ vidrio y cerrajería) | Materiales | Ventana | 13/08/2019 |
| 32 | 1.4.2.3.4.7 | Puerta madera contra placada (inc./ marco y cerrajería) | Materiales | Puerta | 14/08/2019 |

| | | | | | |
|----|------------------|-------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------|------------|
| 33 | 1.4.2.3.4.1 0 | Cajas de registro | Materiales | Caja de registro | 09/08/2019 |
| 34 | 1.4.2.3.4.1 1 | Aparatos sanitarios inc. Grifería | Materiales | Sanitarios | 13/08/2019 |
| 35 | 1.4.2.3.3.3 | Montaje de escaleras y barandas | Materiales | Pernos de anclaje | 05/08/2019 |
| 36 | 1.4.2.4.3.3 | Montaje de estructuras | Materiales | Pernos y tuercas | 21/07/2019 |
| 37 | 1.4.2.4.3.8 | Montaje de tanque pulmón | Materiales | Tanque pulmón; material entregado por el cliente | 10/08/2019 |
| 38 | 1.4.3.7.8 | Escalera metálica | Materiales | Grapas para grating | 21/08/2019 |
| 39 | 1.4.3.9.3 | Retiro de cerramiento existente | Materiales | Postes; material entregado por el cliente | 04/08/2019 |
| 40 | 1.4.3.9.4 | Montaje de cerco | Materiales | Cobertura; material entregado por el cliente | 16/08/2019 |
| 41 | 1.4.3.12.9 | Pórtico MT | Materiales | Crucetas; material suministrado por el cliente | 13/08/2019 |
| 42 | | Pruebas de transformador (subcontrato) | Definiciones | Costo de pruebas | 05/05/2019 |
| 43 | 1.4.1.6.4.1 | Pintura látex en exteriores (inc. marco y cerrajería) | Definiciones | Procedimiento y sistema de pintura | 19/05/2019 |
| 44 | 1.4.1.6.4.3 | Montaje de puerta metálica P1 y P2 | Definiciones | Plano actualizado | 24/05/2019 |
| 45 | 1.4.1.6.5.4 | Canaleta pluvial y tubería de drenaje | Definiciones | Plano actualizado | 22/05/2019 |
| 46 | 1.4.1.7.4.6 | Pintura látex en cielo | Definiciones | Definir color de | 12/08/2019 |

| | | | | | |
|----|------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------|------------|
| | | raso (inc./preparación de superficie y base) | | pintura exterior | |
| 47 | 1.4.1.7.4.6 | Pintura látex en cielo raso (inc./preparación de superficie y base) | Definiciones | Definir color de pintura interior | 12/08/2019 |
| 48 | 1.4.1.7.4.7 | Zócalo cerámico en muros (inc. Acabados) | Definiciones | Definir porcelanato | 18/08/2019 |
| 49 | 1.4.1.7.4.1 1 | Montaje de ventanas (inc. / vidrio y cerrajería) | Definiciones | Definir ventanas | 18/08/2019 |
| 50 | 1.4.1.7.4.1 2 | Puerta de madera contraplacada | Definiciones | Definir puertas contraplacadas exteriores | 26/08/2019 |
| 51 | 1.4.1.7.4.1 2 | Puerta de madera contraplacada | Definiciones | Definir puertas contraplacadas interiores | 26/08/2019 |
| 52 | 1.4.1.7.4.6 | Pintura látex en cielo raso (inc./preparación de superficie y base) | Definiciones | Definir color de pintura exterior | 12/08/2019 |
| 53 | 1.4.1.7.4.6 | Pintura látex en cielo raso (inc./preparación de superficie y base) | Definiciones | Definir color de pintura interior | 12/08/2019 |
| 54 | 1.4.1.7.4.7 | Zócalo cerámico en muros (inc. Acabados) | Definiciones | Definir porcelanato | 18/08/2019 |
| 55 | 1.4.1.7.4.9 | Cobertura de ladrillo pastelero | Definiciones | Definir volado de ladrillo | 24/07/2019 |
| 56 | 1.4.1.7.4.1 0 | Impermeabilización de techo con pintura elastomérica | Definiciones | Pintura y procedimiento | 24/07/2019 |
| 57 | 1.4.1.7.4.1 1 | Montaje de ventanas (inc. / vidrio y cerrajería) | Definiciones | Definir ventanas | 18/08/2019 |

| | | | | | |
|-----------|------------------|--------------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 58 | 1.4.1.7.4.1 2 | Puerta de madera contra placada | Definiciones | Definir puertas contra placadas exteriores | 26/08/2019 |
| 59 | 1.4.1.7.4.1 2 | Puerta de madera contraplacada | Definiciones | Definir puertas contraplacadas interiores | 26/08/2019 |
| 60 | 1.4.1.7.4.1 3 | Instalación de tabiquería | Definiciones | Definir drywall, separadores de duchas, separadores de urinarios, separadores de baños | 26/08/2019 |
| 61 | 1.4.1.7.4.1 4 | Separadores de baños | Definiciones | Separadores de duchas, separadores de urinarios, separadores de baños | 04/09/2019 |
| 62 | 1.4.1.7.4.1 5 | Instalación de barandas metálicas para escaleras | Definiciones | | |
| 63 | 1.4.1.7.5.3 | Terma eléctrica | Definiciones | Definir Terma | 11/08/2019 |
| 64 | 1.4.1.7.5.4 | Lavadero de comedor inc. (soporte y grifería) | Definiciones | Definir soporte | 06/09/2019 |
| 65 | 1.4.1.7.5.5 | Aparatos sanitarios inc. grifería | Definiciones | Definir inodoros, duchas, urinarios, lavamanos, grifería | 06/09/2019 |
| 66 | 1.4.1.8.2.1 2 | Trabajos en juntas | Definiciones | Procedimiento de aplicación de sikaflex | 10/05/2019 |
| 67 | 1.4.1.8.2.1 | Pintura en losa de | Definiciones | Procedimiento de | 20/05/2019 |

| | | | | | |
|----|------------------|-------------------------------------------------|--------------|-------------------------------------------------|------------|
| | 3 | concreto | | aplicación de pintura | |
| 68 | 1.4.1.8.3.4 | Instalación viga monorriel W8X35 | Definiciones | Prueba de soldadura a unión soldada | 05/06/2019 |
| 69 | 1.4.1.8.4.1 | Instalación de mecha con terminal de compresión | Definiciones | Procedimiento de grauteado | 29/05/2019 |
| 70 | 1.4.1.9.2.9 | Concreto para losa de piso | Definiciones | Procedimiento de reparación | 10/05/2019 |
| 71 | | Vaciado de losa para tanque pulmón | Definiciones | Definir plano final | 03/05/2019 |
| 72 | 1.4.1.9.2.1 2 | Pintura en losa de concreto | Definiciones | Definir sistema de pintura y planos definitivos | 26/05/2019 |
| 73 | 1.4.1.9.3.2 | Montaje de estructuras | Definiciones | Procedimiento de resane de pintura | 30/06/2019 |
| 74 | 1.4.1.10.2. 1 | Excavación en terreno compactado | Definiciones | Plano actualizado | 04/05/2019 |
| 75 | 1.4.1.10.2. 2 | Tendido de cable de CU4/0 AWG | Definiciones | Plano actualizado | 06/05/2019 |
| 76 | 1.4.1.10.8. 3 | Acero de refuerzo para losa de piso | Definiciones | Plano actualizado | 08/05/2019 |
| 77 | 1.4.1.10.8. 4 | Encofrado para losa de piso | Definiciones | Plano actualizado | 11/05/2019 |
| 78 | 1.4.1.10.8. 5 | Concreto para losa de piso | Definiciones | Plano actualizado | 14/05/2019 |
| 79 | 1.4.2.2.4.6 | Puertas metálicas P3, P4, P5 | Definiciones | Plano actualizado | 08/07/2019 |
| 80 | 1.4.2.2.6.5 | Instalación de sistema de filtrado | Definiciones | Plano sistema de filtrado | 22/07/2019 |
| 81 | 1.4.2.3.4.3 | Zócalo cerámico en | Definiciones | Plano actualizado | 13/08/2019 |

| | | | | | |
|----|-------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|-------------------|------------|
| | | muros (inc./ acabado) | | | |
| 82 | 1.4.2.3.4.4 | Separadores de aluminio y melamine para inodoros inc./ puerta | Definiciones | Plano actualizado | 16/08/2019 |
| 83 | 1.4.2.3.4.5 | Pintura látex en interiores (inc./ preparación de superficie y base) | Definiciones | Plano actualizado | 11/08/2019 |
| 84 | 1.4.2.3.4.6 | Ventana (inc./ vidrio y cerrajería) | Definiciones | Plano actualizado | 13/08/2019 |
| 85 | 1.4.2.3.4.7 | Puerta madera contra placada (inc./ marco y cerrajería) | Definiciones | Plano actualizado | 14/08/2019 |

Fuente: Elaboración propia

Después de la elaboración de la tabla 7, donde se realizó la cuantificación y separación de las restricciones en sus áreas correspondientes, se realizó un análisis para determinar cuál de las áreas es la de mayor cantidad de restricciones. En la tabla 8 se muestran estos resultados, se observó que a la fecha de corte (60 días) se tuvo 83 restricciones y estas se encuentran en las áreas de Definiciones y Materiales.

Tabla 8.

Cantidad de restricciones por áreas, porcentajes ponderados y acumulados

| Área | Cantidad de restricciones | % | % Acumulado |
|--------------|---------------------------|-----|-------------|
| Definiciones | 44 | 53% | 53% |
| Materiales | 39 | 47% | 100% |

| | | | |
|------------------------|----|----|------|
| Equipos y herramientas | 0 | 0% | 100% |
| Personal | 0 | 0% | 100% |
| | 83 | | |

Fuente: Elaboración propia

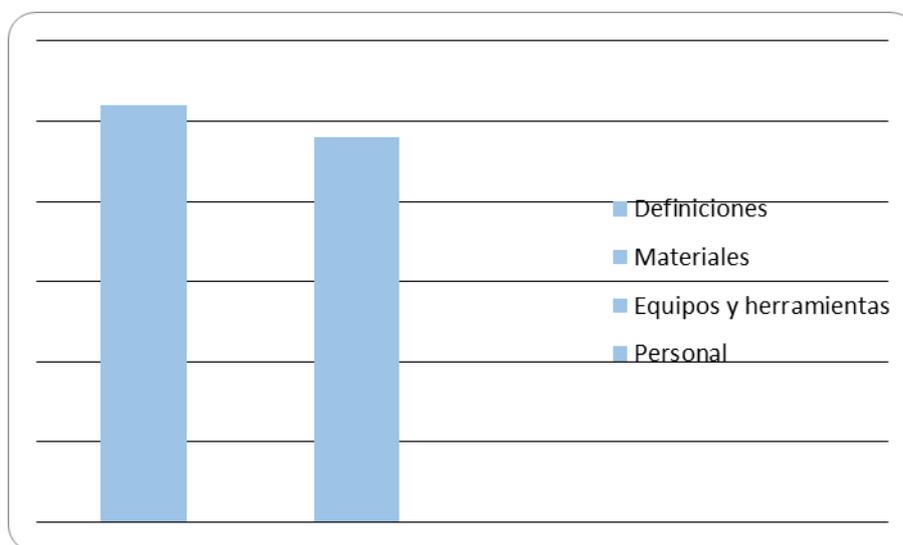


Ilustración 7. Cuadro de pesos ponderados de restricciones por áreas

Fuente: Elaboración propia

Según la ilustración 7 se determinó que se debe trabajar fuertemente en liberar las restricciones relacionadas a las definiciones, ya que si estas no serían liberadas en la fecha indicada se generarían atrasos en el proyecto y perdidas en mano de obra, equipos y herramientas en stand by. En cuanto a los materiales, el porcentaje también es considerado. Internamente se tuvo que trabajar en estas 2 áreas; y se definió claramente las responsabilidades y las prioridades de acuerdo a las fechas de requerimiento de cada necesidad, en la tabla 9 se puede observar el reordenamiento de las restricciones de acuerdo las fechas de liberación como prioridad de las mismas:

3.5.5.4 Reevaluación y asignación de prioridades para el levantamiento de restricciones

Luego de la jerarquización, se realizó la priorización de cada una de las restricciones, para esto tal cual indica la metodología, se priorizara por fecha de inicio de cada una. Está priorización se muestra en la tabla 9.

Tabla 9.
Priorización de restricciones

| Prioridad | EDT | Actividad Especifica | Área | Restricción | Fecha de inicio |
|-----------|--------------|----------------------------------------|--------------|-----------------------------------------|-----------------|
| 1 | 1.4.1.5.2.9 | Montaje de rejilla metálica | Materiales | Grating modificado | 15/04/2019 |
| 2 | 1.4.1.3.14 | Tapa metálica | Materiales | Tapa metálica | 30/04/2019 |
| 3 | | Vaciado de losa para tanque pulmón | Definiciones | Definir plano final | 03/05/2019 |
| 4 | 1.4.1.10.2.1 | Excavación en terreno compactado | Definiciones | Plano actualizado | 04/05/2019 |
| 5 | | Pruebas de transformador (subcontrato) | Definiciones | Costo de pruebas | 05/05/2019 |
| 6 | 1.4.1.10.2.2 | Tendido de cable de CU4/0 AWG | Definiciones | Plano actualizado | 06/05/2019 |
| 7 | 1.4.1.10.8.3 | Acero de refuerzo para losa de piso | Definiciones | Plano actualizado | 08/05/2019 |
| 8 | 1.4.1.8.2.12 | Trabajos en juntas | Definiciones | Procedimiento de aplicación de sikaflex | 10/05/2019 |
| 9 | 1.4.1.9.2.9 | Concreto para losa de piso | Definiciones | Procedimiento de reparación | 10/05/2019 |
| 10 | 1.4.1.10.8.4 | Encofrado para losa de piso | Definiciones | Plano actualizado | 11/05/2019 |
| 11 | 1.4.1.10.8.5 | Concreto para losa de piso | Definiciones | Plano actualizado | 14/05/2019 |
| 12 | 1.4.1.8.2.13 | Pintura en losa de concreto | Materiales | Pintura | 17/05/2019 |
| 13 | 1.4.1.6.4.1 | Pintura látex en exteriores (inc./ | Definiciones | Procedimiento y sistema de pintura | 19/05/2019 |

| | | | | | |
|-----------|--------------|-------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------|------------|
| | | marco y cerrajería) | | | |
| 14 | 1.4.1.8.2.13 | Pintura en losa de concreto | Definiciones | Procedimiento de aplicación de pintura | 20/05/2019 |
| 15 | 1.4.1.6.5.4 | Canaleta pluvial y tubería de drenaje | Definiciones | Plano actualizado | 22/05/2019 |
| 16 | 1.4.1.6.4.3 | Montaje de puerta metálica P1 y P2 | Definiciones | Plano actualizado | 24/05/2019 |
| 17 | 1.4.1.9.2.12 | Pintura en losa de concreto | Definiciones | Definir sistema de pintura y planos definitivos | 26/05/2019 |
| 18 | 1.4.1.8.4.1 | Instalación de mecha con terminal de compresión | Definiciones | Procedimiento de grauteado | 29/05/2019 |
| 19 | 1.4.1.8.3.4 | Instalación viga monorriel W8X35 | Definiciones | Prueba de soldadura a unión soldada | 05/06/2019 |
| 20 | 1.4.1.8.3.7 | Cerramiento con plancha metálica | Materiales | Falta curvas de coberturas | 12/06/2019 |
| 21 | 1.4.1.10.7.1 | Desmontaje de 02 grúas pescantes (cap.=0.3ton) | Materiales | Grúa pescante 1 y 2; material entregado por el cliente | 14/06/2019 |
| 22 | 1.4.1.10.7.3 | Montaje de 02 grúas pescantes (cap.=0.3ton) | Materiales | Grúa pescante 1 y 2; material entregado por el cliente | 17/06/2019 |
| 23 | | Instalación de prensa | Materiales | Prensa; material entregado por el cliente | 17/06/2019 |
| 24 | 1.4.1.10.7.6 | Montaje de tanque pulmón (reubicado) | Materiales | Tanque pulmón; material | 18/06/2019 |

| | | | | | |
|-----------|--------------|-------------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------|------------|
| | | | | entregado por el cliente | |
| 25 | 1.4.1.6.5.4 | Canaleta pluvial y tubería de drenaje | Materiales | Canaleta y tubería de drenaje | 20/06/2019 |
| 26 | | Montaje y conexionado HVAC | Materiales | Equipos de aire acondicionado del cliente | 20/06/2019 |
| 27 | | Instalación de ducha | Materiales | Duchas lavajojos; material entregado por el cliente | 20/06/2019 |
| 28 | 1.4.1.8.3.11 | Grout en columnas | Materiales | 20 listones de madera de 3 m. (1/2" x 1/2") | 25/06/2019 |
| 29 | 1.4.1.8.3.10 | Puerta metálica (Inc./rieles guía y cerrajería) | Materiales | Puertas cierra puertas y chapa | 26/06/2019 |
| 30 | 1.4.1.9.3.2 | Montaje de estructuras | Materiales | Falta tensores para estructuras de techo | 30/06/2019 |
| 31 | 1.4.1.9.3.2 | Montaje de estructuras | Definiciones | Procedimiento de resane de pintura | 30/06/2019 |
| 32 | 1.4.2.2.4.6 | Puertas metálicas P3, P4, P5 | Materiales | Puertas | 08/07/2019 |
| 33 | 1.4.2.2.4.6 | Puertas metálicas P3, P4, P5 | Definiciones | Plano actualizado | 08/07/2019 |
| 34 | 1.4.1.9.3.3 | Cobertura con plancha metálica | Materiales | Falta curvas de coberturas | 09/07/2019 |
| 35 | 1.4.2.2.6.1 | Traslado e instalación de compresor (reubicado) | Materiales | Compresor; material entregado por el cliente | 13/07/2019 |

| | | | | | |
|-----------|--------------|------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 36 | 1.4.2.2.6.3 | Traslado e instalación de secador (reubicado) | Materiales | Secador; material entregado por el cliente | 16/07/2019 |
| 37 | 1.4.2.2.6.4 | Traslado e instalación de tanque pulmón (reubicado) | Materiales | Tanque pulmón; material entregado por el cliente | 20/07/2019 |
| 38 | 1.4.2.4.3.3 | Montaje de estructuras | Materiales | Pernos y tuercas | 21/07/2019 |
| 39 | 1.4.2.2.6.5 | Instalación de sistema de filtrado | Materiales | Tanque pulmón; material entregado por el cliente | 22/07/2019 |
| 40 | 1.4.2.2.6.5 | Instalación de sistema de filtrado | Definiciones | Plano sistema de filtrado | 22/07/2019 |
| 41 | 1.4.1.7.4.9 | Cobertura de ladrillo pastelero | Definiciones | Definir volado de ladrillo | 24/07/2019 |
| 42 | 1.4.1.7.4.10 | Impermeabilización de techo con pintura elastomérica | Definiciones | Pintura y Procedimiento | 24/07/2019 |
| 43 | 1.4.1.9.4.1 | Traslado de tanque pulmón y montaje | Materiales | Tanque pulmón material que tiene que entregar el cliente, solicitar fecha de entrega | 31/07/2019 |
| 44 | 1.4.1.9.4.2 | Instalación de líneas de aire | Materiales | Tuberías de aire y accesorios | 04/08/2019 |
| 45 | 1.4.3.9.3 | Retiro de cerramiento existente | Materiales | Postes; material entregado por el cliente | 04/08/2019 |
| 46 | 1.4.1.7.4.15 | Instalación de barandas metálicas | Materiales | Barandas | 05/08/2019 |

| | | | | | |
|-----------|--------------|----------------------------------------------------------------------|--------------|--------------------------------------------------|------------|
| | | para escaleras | | | |
| 47 | 1.4.2.3.4.1 | Tabiquería de drywall | Materiales | Drywall | 05/08/2019 |
| 48 | 1.4.2.3.3.3 | Montaje de escaleras y barandas | Materiales | Pernos de anclaje | 05/08/2019 |
| 49 | 1.4.2.3.4.10 | Cajas de registro | Materiales | Caja de registro | 09/08/2019 |
| 50 | 1.4.2.4.3.8 | Montaje de tanque pulmón | Materiales | Tanque pulmón; material entregado por el cliente | 10/08/2019 |
| 51 | 1.4.2.3.4.2 | Piso porcelanato (inc./ contra piso y acabado) | Materiales | Porcelanato | 11/08/2019 |
| 52 | 1.4.2.3.4.5 | Pintura látex en interiores (inc./ preparación de superficie y base) | Materiales | Pintura | 11/08/2019 |
| 53 | 1.4.1.7.5.3 | Terma eléctrica | Definiciones | Definir Terma | 11/08/2019 |
| 54 | 1.4.2.3.4.5 | Pintura látex en interiores (inc./ preparación de superficie y base) | Definiciones | Plano actualizado | 11/08/2019 |
| 55 | 1.4.1.7.4.6 | Pintura látex en cielo raso (inc./preparación de superficie y base) | Definiciones | Definir color de pintura exterior | 12/08/2019 |
| 56 | 1.4.1.7.4.6 | Pintura látex en cielo raso (inc./preparación de superficie y base) | Definiciones | Definir color de pintura interior | 12/08/2019 |
| 57 | 1.4.1.7.4.6 | Pintura látex en cielo raso (inc./preparación de superficie y base) | Definiciones | Definir color de pintura exterior | 12/08/2019 |
| 58 | 1.4.1.7.4.6 | Pintura látex en cielo raso (inc./preparación de superficie y base) | Definiciones | Definir color de pintura interior | 12/08/2019 |

| | | | | | |
|-----------|--------------|---------------------------------------------------------------|--------------|------------------------------------------------|------------|
| | | de superficie y base) | | | |
| 59 | 1.4.2.3.4.3 | Zócalo cerámico en muros (inc./ acabado) | Materiales | Cerámico | 13/08/2019 |
| 60 | 1.4.2.3.4.6 | Ventana (inc./ vidrio y cerrajería) | Materiales | Ventana | 13/08/2019 |
| 61 | 1.4.2.3.4.11 | Aparatos sanitarios inc./ grifería | Materiales | Sanitarios | 13/08/2019 |
| 62 | 1.4.3.12.9 | Pórtico MT | Materiales | Crucetas; material suministrado por el cliente | 13/08/2019 |
| 63 | 1.4.2.3.4.3 | Zócalo cerámico en muros (inc./ acabado) | Definiciones | Plano actualizado | 13/08/2019 |
| 64 | 1.4.2.3.4.6 | Ventana (inc./ vidrio y cerrajería) | Definiciones | Plano actualizado | 13/08/2019 |
| 65 | 1.4.2.3.4.7 | Puerta madera contra placada (inc./ marco y cerrajería) | Materiales | Puerta | 14/08/2019 |
| 66 | 1.4.2.3.4.7 | Puerta madera contra placada (inc./ marco y cerrajería) | Definiciones | Plano actualizado | 14/08/2019 |
| 67 | 1.4.2.3.4.4 | Separadores de aluminio y melamine para inodoros inc./ puerta | Materiales | Separadores Inodoros | 16/08/2019 |
| 68 | 1.4.3.9.4 | Montaje de cerco | Materiales | Cobertura; material entregado por el cliente | 16/08/2019 |
| 69 | 1.4.2.3.4.4 | Separadores de aluminio y melamine para inodoros inc./ puerta | Definiciones | Plano actualizado | 16/08/2019 |

| | | | | | |
|-----------|--------------|--------------------------------------------------|--------------|----------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 70 | 1.4.1.7.4.7 | Zócalo cerámico en muros (inc. Acabados) | Definiciones | Definir porcelanato | 18/08/2019 |
| 71 | 1.4.1.7.4.11 | Montaje de ventanas (inc. / vidrio y cerrajería) | Definiciones | Definir ventanas | 18/08/2019 |
| 72 | 1.4.1.7.4.7 | Zócalo cerámico en muros (inc. Acabados) | Definiciones | Definir porcelanato | 18/08/2019 |
| 73 | 1.4.1.7.4.11 | Montaje de ventanas (inc. / vidrio y cerrajería) | Definiciones | Definir ventanas | 18/08/2019 |
| 74 | 1.4.3.7.8 | Escalera metálica | Materiales | Grapas para grating | 21/08/2019 |
| 75 | 1.4.1.7.4.12 | Puerta de madera contra placada | Definiciones | Definir puertas contra placadas exteriores | 26/08/2019 |
| 76 | 1.4.1.7.4.12 | Puerta de madera contra placada | Definiciones | Definir puertas contra placadas interiores | 26/08/2019 |
| 77 | 1.4.1.7.4.12 | Puerta de madera contra placada | Definiciones | Definir puertas contra placadas exteriores | 26/08/2019 |
| 78 | 1.4.1.7.4.12 | Puerta de madera contra placada | Definiciones | Definir puertas contra placadas interiores | 26/08/2019 |
| 79 | 1.4.1.7.4.13 | Instalación de tabiquería | Definiciones | Definir drywall, separadores de duchas, separadores de urinarios, separadores de | 26/08/2019 |

| | | | | | |
|----|--------------|-----------------------------------------------|--------------|-----------------------------------------------------------------------|------------|
| | | | | baños | |
| 80 | 1.4.1.7.4.14 | Separadores de baños | Definiciones | Separadores de duchas, separadores de urinarios, separadores de baños | 04/09/2019 |
| 81 | 1.4.1.7.5.4 | Lavadero de comedor inc. (soporte y grifería) | Definiciones | Definir soporte | 06/09/2019 |
| 82 | 1.4.1.7.5.5 | Aparatos sanitarios inc. grifería | Definiciones | Definir inodoros, duchas, urinarios, lavamanos, grifería | 06/09/2019 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 9 se ordenó las restricciones de acuerdo a la fecha de inicio, porque estas deben ser liberadas como máximo en 10 días después de esta fecha debido a que en ese momento se iniciarían las actividades específicas.

Acompañado a esta tabla se asignó al personal responsable de cada una de las restricciones en cada una de las áreas; esta parte también es muy importante que se evalúe constantemente y se designen los recursos necesarios para el levantamiento oportuno de las restricciones.

En este caso del proyecto en estudio, se tuvo que reestructurar las responsabilidades en las diferentes áreas.

3.5.5.5 Seguimiento de liberación de restricciones

Como se indicó anteriormente cada una de las restricciones debe tener un responsable y estas deberán ser liberadas en el tiempo indicado. En caso de no ser liberadas, esto puede generar pérdidas económicas como:

- Personal en stand by
- Equipos en stand by

- En algunos casos son actividades predecesoras y estas restricciones se convierten en restricciones para las nuevas actividades que están programadas.

También generará atraso en el proyecto y como consecuencia de esto penalidades económicas.

Por tales motivos en este proyecto la frecuencia de seguimiento de la liberación de las restricciones fue cada 2 días. Para el caso de revisar el íntegro de todo el cronograma línea base y establecer un nuevo cuadro con las restricciones no liberadas y las nuevas restricciones fueron cada 15 días y el responsable del seguimiento fue el residente de obra.

En la ilustración 8 se muestra el diagrama de flujo de liberación de restricciones, es importante indicar que el proceso de liberación es cíclico porque se detecta restricciones en un determinado periodo de tiempo, se libera estas restricciones y se hace una nueva evaluación debido a que la ejecución de un determinado proyecto es dinámico y como se indica en la introducción los proyectos que se enfrentan actualmente son Fast Track porque la información no está completa.

Diagrama de flujo de Liberación de Restricciones

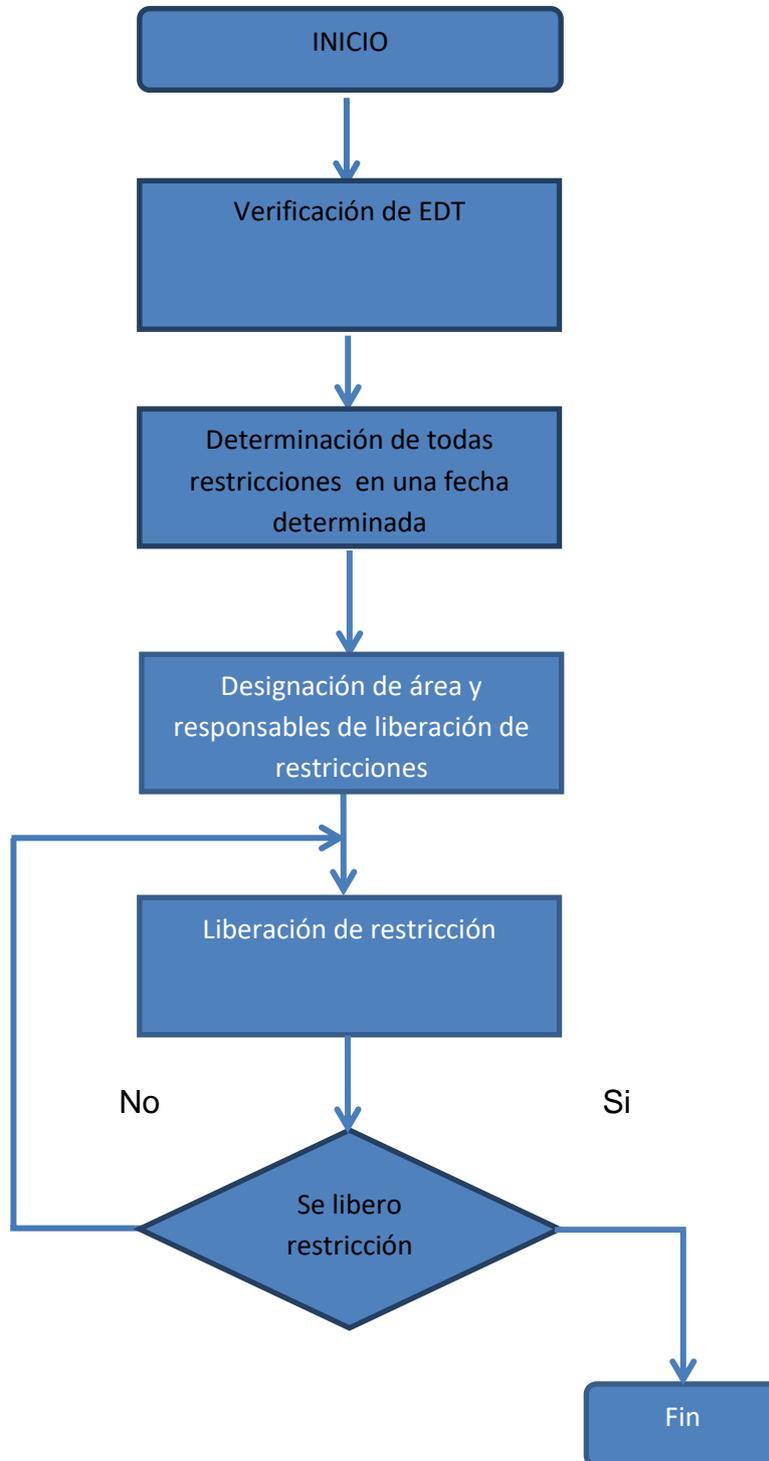


Ilustración 8. Flujo de liberación de restricciones
Fuente: Elaboración propia

3.6 La metodología aplicada y la mejora continua

Si bien es cierto la metodología aplicada consta de 5 pasos, si nos damos cuenta en estos pasos se cumple el ciclo de la mejora continua dentro de un proyecto, porque a medida que liberamos las restricciones en un determinado tiempo volvemos a realizar un nuevo análisis para poder encontrar nuevas restricciones haciendo un ciclo que nos ayuda durante toda la ejecución del proyecto.

Como referencia aplicamos los 5 pasos que Eliyahu Goldratt menciona en el capítulo 36 de su Obra “la meta”:

- IDENTIFICAR las limitaciones del sistema
- Decidir cómo EXPLOTAR las limitaciones del sistema
- SUBORDINAR todo lo demás a la decisión anterior
- ELEVAR las limitaciones del sistema
- REPETIR si en los pasos anteriores las limitaciones han sido superadas, volver al paso 1, pero no permitir que la INERCIA provoque una limitación del sistema

En realidad en la metodología se cumple los 5 pasos aplicados a la ejecución de un determinado proyecto y esto nos ayuda a obtener el objetivo indicado en el libro “la meta” que es ganar dinero.

Actualmente la empresa donde se realizó esta investigación no cuenta con un procedimiento de ejecución de proyectos en base a esta metodología. Por este motivo se elaborará una propuesta de procedimiento de ejecución de proyectos utilizando análisis de restricciones para la ejecución de nuevos proyectos y así obtener proyectos rentables.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Resultados finales de la metodología aplicada

Como resultados finales se precisa:

- Realizando la estructuración de las restricciones en las cuatro áreas indicadas en el capítulo 3 se puede hacer un mejor control de las restricciones en un determinado proyecto.
- Con la metodología utilizada y probada en este proyecto, se pudo mejorar los resultados finales del mismo los cuales fueron los siguientes:
 - Entrega del proyecto en el tiempo previsto
 - Resultados económicos aceptables para el nivel de pérdidas que se proyectó a los 60 días de iniciado este proyecto, los resultados económicos se muestran en la tabla 12.

En la tabla 10. Se muestra los resultados después de 51 días de haber aplicado la metodología y se vio una mejora de la productividad de 0.61 a 0.8 este último se basa en el siguiente cálculo:

$$Productividad = \frac{HH \text{ ganadas}}{HH \text{ gastadas}}$$

$$Productividad = \frac{48,384.79}{60,859.00} = 0.8$$

Tabla 10.

Porcentaje de avance del proyecto y productividad después de 51 días de haber aplicado la metodología

| | Tiempo |
|----------------|---------------|
| % Programado | 52.10% |
| % Reprogramado | 52.10% |
| % Real | 47.6 % |
| Desviación | 4.5% |
| Productividad | 0.8 |

Fuente: Elaboración propia

De la misma forma en la tabla 11. Se observa la mejora del CPI de 0.69 a 0.90 y el SPI de 0.73 a 0.91 estos resultados se dieron después de 51 días de aplicación de la metodología.

Tabla 11.

Factores de costo mejorados a los 51 días después de haber aplicado la metodología

| | Tiempo |
|-----------------------------|--------------------|
| Monto contractual | S/. 13, 194,696.83 |
| Costo al final del proyecto | S/. 11, 215,492.31 |
| CPI | 0.90 |
| SPI | 0.91 |

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 12 se observa los resultados finales del proyecto como la utilidad, el CPI final que fue de 1.15 recordemos que el inicial antes de aplicar la metodología de este estudio era de 0.69, el SPI final que fue de 0.92 recordemos que el inicial antes de la aplicación de la metodología de este estudio fue de 0.73

Tabla 12.
Resultados finales del proyecto

| Costo Final del Proyecto | |
|---------------------------------|--------------------|
| Monto contractual | S/. 13, 194,696.83 |
| Costo al final del proyecto | S/. 11, 215,492.31 |
| Utilidad | S/. 1, 979,204.52 |
| % utilidad | 15% |
| CPI | 1.15 |
| SPI | 0.92 |

Fuente: Elaboración propia

4.2 Prueba hipótesis

Con los datos anteriores se utilizarán para comprobar la hipótesis propuesta, la cual se realizara en 4 pasos:

4.2.1 Paso 1: Redacción de la hipótesis

- Ho: Con la optimización de la metodología de gestión de proyectos basado en la Teoría de Restricciones. Los proyectos NO serán rentables.
- Hi: Con la optimización de la metodología de gestión de proyectos basado en la Teoría de Restricciones. Los proyectos serán rentables.

$$H_o = H_i$$

$$H_i < H_o$$

Dónde:

- Ho: Hipótesis nula
- Hi: Hipótesis alternativa

4.2.2 Paso 2: Identificación de la significancia

Se trabajara con un nivel de confianza del 95%, y un error del 5%, por lo que:

$$\text{Alfa} = 0.05 = 5\%$$

$$\alpha = 0.05$$

4.2.3 Paso 3: Pruebas a escoger

En el presente estudio se hace la comparación a un mismo grupo en momentos diferentes (un momento medido de manera normal y otro momento medido por la nueva metodología), por lo cual la prueba a usar será:

- Prueba Chi Cuadrado (creada por Karl Pearson en 1900)

4.2.4 Paso 4: Análisis estadístico

Para aceptar o rechazar el criterio propuesto se debe tener en cuenta que:

- Si la probabilidad obtenida P-valor $< \alpha$, se rechaza la H_0 y se acepta la H_1
- Si la probabilidad obtenida P-valor $> \alpha$, se rechaza la H_1 y se acepta la H_0

Para ello se analizaron los datos que se obtienen aplicando la prueba Chi cuadrado para muestras relacionadas, la cual es:

Tabla 13.
Prueba Chi cuadrado Tabla de contingencia

| Descripción | Costo final | Utilidad | Total |
|-----------------|-------------|----------|-------|
| Sin Metodología | 1.05 | -0.05 | 1.00 |
| Con Metodología | 0.85 | 0.15 | 1.00 |
| Total | 1.90 | 0.10 | 2.00 |

Fuente: Elaboración propia

Luego establecemos el nivel de significancia

La tabla posee 2 filas y 2 columnas:

$$(F-1)*(C-1) = (2-1)*(2-1) = 1$$

Tabla 14.
Cálculo de la frecuencia esperada

| Descripción | Frecuencia esperada |
|-------------|---------------------|
| e1= | 0.95 |
| e2= | 0.95 |
| e3= | 0.05 |
| e4= | 0.05 |

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15.
Calculo de la Chi Cuadrada

| Casillas (x,y) | O | E | (O-E) | (O-E) ² | ((O-E) ²)/E |
|-------------------------------|-------|------|-------|--------------------|-------------------------|
| Costo final / sin metodología | 1.05 | 0.95 | 0.10 | 0.01 | 0.01 |
| Utilidad /sin metodología | -0.05 | 0.95 | -1.00 | 1.00 | 1.05 |
| Costo final/con metodología | 0.85 | 0.05 | 0.80 | 0.64 | 12.80 |
| Utilidad /con metodología | 0.15 | 0.05 | 0.10 | 0.01 | 0.20 |
| | | | | | 14.06 |

Fuente: Elaboración propia

De la tabla 15 se obtiene el valor de Chi cuadrado:

$$X^2 = 14.06$$

Finalmente, se indica que el valor superior a alfa (α) de tablas con un valor de significancia de 1 es 3.84 este valor es menor a 14.06 por lo tanto podemos establecer que nuestra hipótesis nula H_0 se rechaza y se acepta la hipótesis H_1 (Con la optimización de la metodología de gestión de proyectos basado en el análisis de restricciones. Los proyectos serán rentables).

4.3 Discusión de resultados

En esta parte se puntualiza que no existen estudios relacionados a esta investigación. La investigación desarrollada toma como base el análisis de

restricciones pero no es aplicada mediante la metodología del CCPM; es aplicada en 4 áreas definidas y resuelve de manera detallada cada una de las restricciones de acuerdo a las fechas de programación de cada labor estructurada en el EDT de un proyecto específico.

La hipótesis Hi fue aceptada por que con la aplicación de esta metodología los proyectos serán rentables.

Desde el punto de vista del investigador, esta metodología podría aplicarse a proyectos públicos y privados multidisciplinarios (Civil, Mecánico, Eléctrico e Instrumentación) en el sur del Perú por un monto máximo de S/. 13, 194,696.83 debido a que este es el costo presupuestado del proyecto analizado en esta investigación.

CONCLUSIONES

Se concluye:

1. Aplicando la nueva metodología de gestión de proyectos basado en el análisis de restricciones, se aumentó la productividad de 0.61 a 0.8

Como se observa a los 60 días de haberse iniciado el proyecto se tuvo una productividad de 0.61 tal cual se muestra en la tabla 2. Según el análisis realizado esta productividad fue debido a que existían una serie de restricciones que no fueron liberadas en su momento y como evidencia de esto al realizar el primer análisis de restricciones se encontró que se tenía a esa fecha 83 restricciones básicamente en las áreas de Materiales y Definiciones esta se observa en el tabla 8. Luego de un análisis constante de restricciones y liberación de estas se incrementó la productividad a 0.8 como se observa en la tabla 10; esto indica que la metodología aplicada a este proyecto es viable y que ayuda a mejorar la gestión de proyectos.

2. Se cumplió con los plazos establecidos porque se obtuvo una mejora en el SPI 0.92 esto debido a la aplicación de la metodología expuesta en esta investigación, cabe señalar que a los 60 días de haber iniciado el proyecto, se tuvo un SPI de 0.73 según se indica en la tabla 3. Luego de la aplicación de la metodología expuesta en esta investigación se obtuvo el SPI indicado inicialmente; Esto se evidencia con el Acta de Entrega Final del Proyecto a Satisfacción del Cliente.

Finalmente, indicar que los resultados económicos se muestran en la tabla 12. Luego de la aplicación de la nueva metodología de gestión de proyectos basado en el análisis de restricciones, dio una rentabilidad del 15%, como se muestra en la tabla 4. A los 60 días de haber iniciado el proyecto y sin la aplicación de la metodología expuesta en esta investigación se tenía proyectado una pérdida del 5% en costo esto significaba S/. 662,783.34 de perdida y luego de la aplicación de la metodología de gestión de proyectos

basada en el análisis de restricciones se obtuvo una utilidad del 15% lo que significa S/. 1, 979,204.52 de rentabilidad.

RECOMENDACIONES

Se recomienda:

1. Se recomienda evaluar y realizar un análisis de restricciones al inicio del proyecto.
2. Se recomienda formar un equipo de gestión de restricciones con personal debidamente capacitado de acuerdo al costo de cada proyecto; esto ayudará a tener un panorama completo de las restricciones existentes en cada etapa del proyecto y así poder conseguir resultados satisfactorios.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- TROJANOWSKA, J. y DOSTATNI, E. Application of the Theory of Constraints For Project Management. Poland: Management and Production Engineering Review . 2017, 8(3)
- CASTIBLANCO, E. Problemática de los Trabajadores de la Construcción Diagnosticó y Estrategias de Solución. Tesis (Magister en Ingeniería de la Construcción). Bogotá: Universidad de los Andes, Facultad de Ingeniería Civil, 2004
- KPMG International (2015), "KPMG's 2015 Climbing the curve. Global Construction Survey 2015. 132253-G
- DE JESUS, A., LOPEZ, G. y GONZALES, J. Método de la Cadena Crítica. Los Pardos, D.N., República Dominicana: Amigo del Hogar, 2012.
- ERNEST, W. Tema: Curva S. Planificación del Alcance, Tiempo y Costo. Universidad para la Cooperación Internacional., Costa Rica. [Fecha de consulta 29 de agosto de 2020]. Disponible en: http://www.ucipfg.com/Repositorio/MAP/MAPD-05/BLOQUE-ACADEMICO/UNIDAD4/Curva_S.pdf/
- GARCIA, E. Aplicación del Método de la Cadena Crítica en el Sector Construcción. Lugo: Escuela de Doctorado Internacional Campus Terra Universidad de Santiago de Compostela, 2018.
- GARNICA, M. y GUEVARA, M. El Proceso de Mejora Continua a Través de la Teoría de Restricciones (TOC): Aplicación a Fobroluz. Cuenca: Universidad de Cuenca, 2008.
- GOMEZ, L. y JIMÉNEZ, B. Gestión de Proyectos con Teoría de Restricciones Aplicada al Área Técnica de la Compañía Construcciones y Servicios S.A. Medellín Colombia: Agosto 2009, 4, 195 - 208.
- GOLDRATT, E. Cadena Crítica. Buenos Aires: Granica S.A., 2007.
- GOLDRATT, E. La Meta: Un proceso de mejora continua. España: Eidógrafo S.A., 2016. 847978718X.
- HINOJOSA, A. Diagrama de Gantt: Producción, procesos y operaciones, 2003.

- LOAYZA, Norman. La productividad como clave del crecimiento y el desarrollo del Perú y el mundo, Lima: Banco Central de Reserva del Perú, Revista de estudios económicos, Junio, 2016, 31, 9-28.
- LEACH, L. 2014. Critical Chain Project Management. Boston, London: British Library Cataloguing Publication, 2014. ISBN: 978-1-60807-734-2.
- MARTINEZ DE ITA, M. El Concepto de Productividad en el Análisis Económico. México, 1995, pp. 33.
- MONTEROLA, C. y OTZEN, T. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. Int. J. Morphol. [en línea]. 2017, 35(1) [fecha de consulta 2019-12-04], pp.227-232. Disponible en:
https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=es&nrm=iso
- MONZÓN ROQUELME, R. Estimación de pérdidas de productividad laboral en compensación de costos en un proyecto de construcción de la provincia de Llanquihue. Tesis (Título de Ingeniero Constructor). Chile: Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Universidad Austral de Chile, 2009.
- MORA, A. Mantenimiento. Planeación, ejecución y control. México: Alfaomega, 2009.
- NIETO, D. y ORTIZ, E. Identificación de Técnicas Utilizadas en la Gestión del Tiempo en la Etapa de Planeación y Seguimiento de Proyectos en las Organizaciones en Cali-Colombia. Tesis (Título de Especialista en Gestión de Proyectos). Cali: Universidad de San Buenaventura, 2016. pp.64. [fecha de consulta: 27 de diciembre de 2019]. Disponible en:
http://www.bibliotecadigital.usb.edu.co/bitstream/10819/3738/1/Identificacion_tecnicas_utilizadas_nieto_2016.pdf
- Online Business School. 2014. Guía Práctica Sobre Cadena Crítica. Barcelona: Grupo Planeta, 2014.
- Project Management Institute, Inc. 2017. PMBOK Guide Sixth Edition. Newtown Square, Pennsylvania: s.n., 2017.
- QUISPE, L. y PARICAHUA, R. Reingeniería del Plan de Gestión Actual del Proyecto:"Edificio Multifamiliar Montesol" Evaluando las Partidas de Casco Estructural y Aplicando la Teoría de Restricciones en la

Identificación de Riesgos. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 2016. pp 431. [fecha de consulta: 15 de diciembre de 2019]. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3302/ICpacrrm01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

OTZEN, T. y MONTEROLA, C. Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. Int. J. Morphol. [en línea]. 2017, vol.35, n.1 [fecha de consulta 2019-12-01], pp.227-232. Disponible en:

https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-95022017000100037&lng=es&nrm=iso

VÁZQUEZ, E. Aplicación del Método de la Cadena Crítica al Sector de la Construcción. Lugo: Centro Internacional de Estudios de Doutoramento e Avanzados Da USC (CIEDUS), 2018.

VÁZQUEZ, E., AMIAMA, C. y BARRASA, M. Critical Chain: Sizing the Project Buffers. Cádiz: 21th International Congress on Project Management and Engineeing, 2017.

YEPES PIQUERAS, Víctor. ¿Qué es la curva S en la estimación de costes en proyectos?. 2014. [fecha de consulta: 29 de agosto de 2020]. Disponible en: <https://victoryepes.blogs.upv.es/2014/12/16/que-es-la-curva-s-en-la-estimacion-de-costes-en-proyectos/>

ANEXOS

ANEXO 1. MATRIZ DE CONSISTENCIA

| PROBLEMAS | OBJETIVOS | HIPOTESIS | VARIABLE |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
| Problema general.- | Objetivo general.- | Hipótesis general | V. Independiente |
| ¿En qué medida optimizando la gestión de proyectos tomando como base la teoría de restricciones se hace rentable un proyecto? | Optimizar la gestión de proyectos tomando como base la teoría de restricciones, para hacer proyectos rentables. | <ul style="list-style-type: none"> • Hi: Aplicando la metodología de gestión de proyectos basado en la teoría de Restricciones Se obtendrá proyectos rentables. • Ho: Aplicando la metodología de gestión de proyectos basado en la teoría de Restricciones NO obtendrá proyectos rentables. | Metodología de gestión de proyectos basado en la teoría de restricciones |
| Problemas Especificos.- | Objetivos Específicos | Hipótesis Específicas.- | V. Dependiente |
| <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cómo aumentar el factor de productividad de 0.61 a 0.8 separando las restricciones por áreas? 2. ¿Cómo cumplir con los plazos y la utilidad proyectada estableciendo la metodología de análisis de restricciones en un proyecto tomando como base la teoría de restricciones? | <ol style="list-style-type: none"> 1. Aumentar la productividad de 0.61 a 0.8 separando las restricciones por áreas. 2. Cumplir con los plazos y la utilidad proyectada de un proyecto tomando como base la teoría de restricciones. | <ul style="list-style-type: none"> • Ha1: Es posible aumentar la productividad separando las restricciones por áreas. • Ho1: No es posible aumentar la productividad separando las restricciones por áreas. • Ha2: Es posible cumplir con los plazos y la utilidad proyectada. • Ho2: No es posible cumplir con los plazos y la utilidad proyectada. | <ul style="list-style-type: none"> • Productividad • Rentabilidad |