

IMPLEMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA RECOMENDADA AACE RP 61R-10, DISEÑO DEL
CRONOGRAMA, APLICADO A LA INGENIERÍA, LA CONTRATACIÓN Y LA CONSTRUCCIÓN

SANTIAGO BOHÓRQUEZ PEDRAZA
ANDREA FERNANDA SUAREZ BAYONA

MONOGRAFÍA PRESENTADA COMO REQUISITO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
ESPECIALISTA EN GERENCIA DE PROYECTOS DE CONTRUCCIÓN

DIRECTOR
JORGE ENRIQUE MENESES FLÓREZ
MAGISTER EN INGENIERÍA MECÁNICA

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
ESPECIALIZACIÓN EN GERENCIA DE PROYECTOS DE CONTRUCCIÓN
BUCARAMANGA

2024

TABLA DE CONTENIDO

1	Generalidades del proyecto.....	10
1.1	Justificación:.....	10
1.2	Alcance:	11
1.3	Objetivos:	11
1.3.1	Objetivo general:	11
1.3.2	Objetivo específico:	11
2	Marco Teórico.....	12
2.1	Cronograma:	12
2.1.1	Método de planificación:.....	12
2.1.2	Herramienta de planificación:	13
2.1.3	Representación del cronograma:.....	13
2.1.4	Recursos:	15
2.1.5	WBS/EDT:.....	15
2.1.6	Equipo de trabajo:	16
2.1.7	Secuenciar actividades:.....	17
2.1.8	Estimar duración de actividades:.....	18
2.1.9	Calendario del cronograma:	19
2.1.10	Análisis de valor ganado:	19
2.1.11	Análisis de variación:.....	21
2.1.12	Índice de desempeño del cronograma (SPI):	22
2.1.13	Índice de desempeño del costo (CPI):.....	22
3	Metodología.....	23
4	Diagnostico.....	23
4.1	Cumplimiento de plazos de entrega:	24
4.2	Cumplimiento del presupuesto proyectado:.....	24
4.3	Gestión de riesgos:.....	24
4.4	Innovación tecnológica:	25
5	Plan de implementación de la práctica AACE RP 60R-10 - Diseño de cronogramas, aplicado a la ingeniería, la contratación y la construcción	26
5.1	Planificar la Gestión del Cronograma	26
5.1.1	Planificar la Gestión del Cronograma: Entradas.....	27
5.1.2	Planificar la Gestión del Cronograma: Herramientas y Técnicas.....	30
5.1.3	Planificar la Gestión del Cronograma: Salidas	40

5.2	Definir las Actividades	43
5.2.1	Definir las Actividades: Entradas	43
5.2.2	Definir las Actividades: Herramientas y Técnicas	45
5.2.3	Definir las Actividades: Salidas	46
5.3	Secuenciar las Actividades	52
5.3.1	Secuenciar las Actividades: Entradas	52
5.3.2	Secuenciar las Actividades: Herramientas y Técnicas	52
5.3.3	Secuenciar las Actividades: Salidas	55
5.4	Estimar la Duración de las Actividades.....	57
5.4.1	Estimar la Duración de las Actividades: Entradas	57
5.4.2	Estimar la Duración de las Actividades: Herramientas y Técnicas	59
5.4.3	Estimar la Duración de las Actividades: Salidas	61
5.5	Desarrollar el Cronograma	64
5.5.1	Desarrollar el Cronograma: Entradas	65
5.5.2	Desarrollar el Cronograma: Herramientas y Técnicas	65
5.5.3	Desarrollar el Cronograma: Salidas.....	70
5.6	Controlar el Cronograma	71
5.6.1	Controlar el Cronograma: Entradas.....	71
5.6.2	Controlar el Cronograma: Herramientas y Técnicas.....	74
5.6.3	Controlar el Cronograma: Salidas	77
6	Conclusiones	80
7	Recomendaciones.....	82
8	Bibliografía	84

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Ejemplo de Lista de Actividades.	14
Ilustración 2. Ejemplo de Diagrama de Barras	14
Ilustración 3. Ejemplo de Diagrama de Red	15
Ilustración 4. Estructura de desglose de trabajo.	16
Ilustración 5. Matriz RACI	16
Ilustración 6. Relaciones entre dos actividades según el método de diagramación por procedencia	18
Ilustración 7. Lista de datos de entrada del proyecto de estudio de MOVIPETROL S.A.S	27
Ilustración 8. Equipo de Trabajo MOVIPETROL S.A.S	28
Ilustración 9. EDT del proyecto de MOVIPETROL S.A.S	29
Ilustración 10. Lista de Herramientas y Técnicas disponibles dentro de MOVIPETROL S.A.S	31
Ilustración 11. Lista de Riesgos del Proyecto.	32
Ilustración 12. Tipos de Respuesta a los Riesgos.	34
Ilustración 13. Imágenes Compartidas por la Comunidad	36
Ilustración 14. Inundaciones Viales de Proyectos Antiguos	38
Ilustración 15. Herramientas y Técnicas que se utilizaran en el desarrollo del Cronograma	40
Ilustración 16. Entregable de Dirección de Proyecto dentro de la EDT del proyecto seleccionado de MOVIPETROL S.A.S	41
Ilustración 17. Equipo de Trabajo resultante de la Matriz RACI para la Dirección del Proyecto	42
Ilustración 18. Equipo de Trabajo resultante de la Matriz RACI para la Construcción de las unidades sanitarias	42
Ilustración 19. Entregable de Construcción de las Unidades Sanitarias en la EDT del proyecto seleccionado de MOVIPETROL S.A.S	44
Ilustración 20. Actividades ya realizadas en el proceso Dirección del Proyecto	45
Ilustración 21. Numeración a través de códigos en la EDT al proceso de Dirección de Proyectos	46
Ilustración 22. Lista de actividades dentro del proceso de Construcción de las Unidades Sanitarias en la EDT del Proyecto.	47
Ilustración 23. Lista de hitos del proyecto	51
Ilustración 24. Lista de datos de entrada para el proceso de Secuenciar las Actividades.	52
Ilustración 25. Modelo 3D de Unidad Sanitaria	53
Ilustración 26. Modelo 3D del Sistema de Tratamiento	53
Ilustración 27. Actividades Modeladas en 3D	54
Ilustración 28. Ejemplo de Secuenciación de Actividades	54
Ilustración 29. Listado de actividades con su respectiva secuenciación	56
Ilustración 30. Ejemplo de relaciones entre actividades y restricciones	56
Ilustración 31. Lista de datos de entrada para el proceso de Estimar la Duración de las Actividades.	57
Ilustración 32. Lista de Herramientas y Técnicas para la Estimación de Actividades.	59
Ilustración 33. Estimación Paramétrica para la Actividad de Muros	60
Ilustración 34. Muestra de la Escala Temporal en el Software Microsoft Project	60

Ilustración 35. Lista de Actividades con su aproximación de duración.....	63
Ilustración 36. Proceso de Construcción de las Unidades Sanitarias con las duraciones de sus actividades.....	64
Ilustración 37. Documentos de entrada para desarrollar el cronograma.....	65
Ilustración 38. Duración de la Construcción de la Unidad Sanitaria preliminar.....	66
Ilustración 39. Duración de la Construcción de la Unidad Sanitaria modificada.....	66
Ilustración 40. Sobreasignación de Recursos de Trabajo en Distintas Actividades.....	67
Ilustración 41. Aumento de Recursos Dentro de las Cuadrillas.....	67
Ilustración 42. Hoja de Uso de Recursos del Proyecto en Microsoft Project.....	68
Ilustración 43. Lista de Actividades del Proyecto con sus Recursos Asignados.....	69
Ilustración 44. Ejemplo de Asignación de Recursos de todo tipo en la Actividad de Muros.....	69
Ilustración 45. Cronograma del Proyecto en Microsoft Project.....	70
Ilustración 46. Lista de documentos a actualizar.....	70
Ilustración 47. Presupuesto inicial de unidad sanitaria.....	71
Ilustración 48. Panel de Costos del Proyecto en Microsoft Project.....	72
Ilustración 49. Establecimiento de la Línea Base de Costos.....	72
Ilustración 50. Variaciones de Duración de las Actividades.....	72
Ilustración 51. Variación en la Duración de la Actividad Localización de Usuarios.....	73
Ilustración 52. Variaciones de Costo en el Proyecto.....	74
Ilustración 53. Variación del Costo del Proyecto Final.....	76
Ilustración 54. Variación del Costo de los Recursos.....	76
Ilustración 55. Incremento de Costo del Proyecto.....	77
Ilustración 56. Duración de la Construcción de las Unidades Sanitarias Actualizada.....	77
Ilustración 57. Resultado de Costos Corte de Obra del 29 de Julio.....	78
Ilustración 58. Costos finales vs Costos presupuesto oficial.....	78
Ilustración 59. Tiempos de Duración en las Etapas del Proyecto.....	79

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Convenciones de Mapa de Riesgos	32
Tabla 2. Mapa de Riesgos el Proyecto.....	33
Tabla 3. Matriz de Administración de Riesgos Inicial	35
Tabla 4. Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales	37
Tabla 5. Matriz de Administración de Riesgos Final	39
Tabla 6. Atributos de la actividad Zapatas de Cimentación.....	48
Tabla 7. Atributos de la actividad Localización de Usuario	49
Tabla 8. Atributos de la actividad Sistema Séptico Integrado horizontal 2000 lt.....	50
Tabla 9. Horas de Trabajo Real y Restante del Proyecto.....	75

Resumen

TITULO: IMPLEMENTACIÓN DE LA PRÁCTICA RECOMENDADA AACE RP 61R-10, DISEÑO DEL CRONOGRAMA, APLICADO A LA INGENIERÍA, LA CONTRATACIÓN Y LA CONSTRUCCIÓN.

AUTORES: SANTIAGO BOHÓRQUEZ PEDRAZA
ANDREA FERNANDA SUAREZ BAYONA

Palabras clave: Cronograma, EDT, Recursos, Calendario, Ruta crítica.

Descripción:

El presente documento contiene el plan de implementación de la práctica recomendada AACE 61R-10 DISEÑO DEL CRONOGRAMA, aplicado en el proyecto "CONSTRUCCION DE UNIDADES SANITARIAS DEL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE" para la empresa MOVIPETROL S.A.S. con el fin de organizar como producto final un cronograma base útil aplicable para proyectos similares.

Se estudiaron los datos existentes del proyecto con el fin de formular un plan de gestión del cronograma para instaurar la forma de trabajo y sus participantes. Con el alcance del proyecto previamente definido por la municipalidad de Paz de Ariporo, se desarrolló una estructura de desglose del trabajo (EDT) que contendrá las actividades requeridas para el desarrollo del proyecto y la totalidad de su alcance. Una vez se definió el alcance hasta el detalle de entregables, se procedió a hacer una secuenciación y estimación de duración de las actividades con el fin de organizar, a través de distintos métodos de estimación, una duración total del proyecto. El resultado final es el desarrollo de un cronograma base que contiene información de recursos, duraciones y calendario que busca optimizar el desarrollo del proyecto en tiempos y costo permitiendo un mejor control del desarrollo del proyecto.

Abstract

TITLE: IMPLEMENTATION OF THE RECOMMENDED PRACTICE AACE RP 61R-10, SCHEDULE DESIGN, APPLIED TO ENGINEERING, PROCUREMENT, AND CONSTRUCTION.

AUTHORS: SANTIAGO BOHÓRQUEZ PEDRAZA
ANDREA FERNANDA SUAREZ BAYONA

Keywords: Schedule, WBS, Resources, Calendar, Critical Path.

Summary:

This document outlines the implementation plan for the recommended practice AACE 61R-10, Schedule Design, applied to the "Construction of Sanitary Units in the Municipality of Paz de Ariporo, Department of Casanare" project for the company MOVIPETROL S.A.S. The aim is to organize a base schedule that can be used as a template for similar projects.

The existing project data was analyzed to formulate a schedule management plan, establishing the working methodology and defining the participants. With the project's scope previously defined by the Municipality of Paz de Ariporo, a Work Breakdown Structure (WBS) was developed, encompassing all activities required for the project's execution. After defining the scope down to the deliverables, activities were sequenced and their durations estimated, utilizing various estimation methods to determine the total project duration. The final outcome is a base schedule that includes information on resources, durations, and the calendar, aimed at optimizing the project's time and cost, thus allowing for better control over the project's progress.

Introducción

En los últimos años, el sector de la ingeniería civil ha mostrado un creciente interés en adoptar prácticas y procesos que mejoren el rendimiento de los proyectos. Como resultado, los principales actores globales en el ámbito de la gerencia han desarrollado y optimizado herramientas de gestión cada vez más accesibles con el objetivo de incrementar la probabilidad de éxito en los proyectos.

En Colombia, el avance en la gestión de proyectos ha sido impulsado por organizaciones como el Project Management Institute (PMI) y AACE International, que recopilan y promueven las mejores prácticas y metodologías adoptadas por diversas empresas en el país. No obstante, en el sector de la construcción, se requiere una mayor difusión del conocimiento en gestión de proyectos para reducir la tasa de proyectos afectados por la triple restricción, debido al desconocimiento de las buenas prácticas o su implementación inadecuada.

En el caso de MOVIPETROL S.A.S el desarrollo de un plan para gestión del cronograma o el uso del mismo en los proyectos adoptados por la empresa, actualmente es empírico sin ninguno proceso de gestión. Esto dificulta llevar un seguimiento y control a la organización sobre los proyectos en los cuales ha trabajado y va a trabajar. Por esto mismo la práctica de la AACE 61R-10 DISEÑO DEL CRONOGRAMA es una herramienta clara para poder instaurar por primera vez, en un proyecto modelo, un plan de gestión del cronograma base y el cronograma mismo que servirá como guía para futuros proyectos que estén a cargo de la compañía.

1 Generalidades del proyecto

1.1 Justificación:

La realidad de las empresas de construcción en Colombia en proyectos realizados es que parten del empirismo y la experiencia de campo, esto no es lo más recomendable a la hora de realizar proyectos de país que sumen socialmente, ya que la efectividad del producto final y el cumplimiento de los plazos establecidos debería ser el objetivo invaluable de todos aquellos que estén desempeñando el proceso de desarrollar un proyecto.

La importancia de saber ejecutar un cronograma de proyecto cada día más se vuelve la variable más importante a tener en cuenta si se quiere alcanzar el cumplimiento de estos objetivos de tiempo y costo. La aplicación de la práctica recomendada de la AACE 61R-10 busca instaurar un cambio en esta tendencia que tiene la construcción, indicando una serie de procesos con entradas y salidas que den como resultado la elaboración de un plan de gestión del cronograma bien elaborado, con el fin de poder tener mayor control del desarrollo de los proyectos y de las personas responsables por cada proceso.

En esto la empresa MOVIPETROL S.A.S está en búsqueda de sumarse a la elaboración de un plan de gestión de cronograma efectivo para los nuevos proyectos adquiridos a su trabajo de ejecución, esta como empresa privada contratista del estado resalta la importancia de un mayor control, desempeño y cumplimiento de metas en costo y tiempo al ser proyectos requeridos para el estado y el bien social. Este documento nace del diagnóstico minucioso realizado a la realidad de la empresa y la búsqueda de solucionar los vacíos en procesos de gestión de proyectos, resaltando el diseño de cronograma expuesto en la implementación de la practica recomendada AACE 61R-10 en este documento.

1.2 Alcance:

Dentro del banco de proyectos de MOVIPETROL S.A.S se escogió uno para la implementación de la práctica recomendada AACE 61R-10 con el fin de diseñar un plan de gestión de cronograma que sea aplicable a proyectos de la misma envergadura o similares. Este proyecto nombrado como “CONSTRUCCION DE UNIDADES SANITARIAS DEL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE” cuenta con unos datos de entrada suministrados por la municipalidad y serán estos el punto de partida para la implementación de todos los procedimientos nombrados en la práctica.

1.3 Objetivos:

1.3.1 Objetivo general:

Elaborar el plan de gestión de cronograma base para el proyecto “CONSTRUCCION DE UNIDADES SANITARIAS DEL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE” de la empresa MOVIPETROL S.A.S siguiendo todas las recomendaciones de la práctica AACE 61R-10.

1.3.2 Objetivo específico:

- Realizar el diagnostico actual de los procesos incluidos para el desarrollo del cronograma dentro de la empresa MOVIPETROL S.A.S.
- Establecer a través de la práctica recomendada AACE 61R-10 Diseño del cronograma la metodología de implementación de la misma en un proyecto actual.
- Generar control del cronograma resultante a través de herramientas de gestión de proyectos que midan parámetros de avance, dando conclusiones y un archivo base e histórico para futuros proyectos dentro de MOVIPETROL S.A.S

2 Marco Teórico

Dentro de la implementación de la práctica recomendada de la “AACE RP 61R-10”, se tienen que entender distintos conceptos que se relacionan entre sí, en la búsqueda de cumplir el objetivo de desarrollar un cronograma eficaz aplicado a los proyectos de construcción. El objetivo de esta práctica es facilitar no el proceso de desarrollo de cronograma, sino el marco estratégico para llevar a cabo el proceso de manera más eficiente. Se hará mediante el método del camino crítico o ruta crítica (CPM) del cual se discutirá más adelante a fondo en esta sección.

También es de destacar que dentro de este documento no solo se estará utilizando herramientas indicadas en la práctica AACE, sino más bien con el fin de complementar y ampliar una aplicación eficaz en la planificación del cronograma se tendrán en cuenta las bases expuestas en “LA GUIA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCION DE PROYECTOS PMBOK” con el contexto de lo anterior vamos a estudiar distintos conceptos necesarios para el entendimiento del cuerpo de este trabajo.

2.1 Cronograma:

Elabora un plan detallado que indica cómo y cuándo el proyecto entregará los productos, servicios y resultados especificados en el alcance del proyecto. Este documento servirá como una herramienta esencial para la comunicación, la gestión de las expectativas de los interesados y como una base para informar sobre el desempeño del proyecto.

(International, 2013)

2.1.1 Método de planificación:

Son técnicas de gestión de proyectos en las cuales se da el enfoque principal para la elaboración del cronograma dependiendo de las necesidades del proyecto, el más comúnmente utilizado en construcción es el método de la ruta crítica. (Institute, 2017)

2.1.1.1 Método de la ruta crítica (CPM):

Es el método de gestión de proyectos que consiste en la identificación de aquellas actividades críticas para el mismo que establecen los tiempos de duración total mínimo que puede tener. También facilita la identificación de aquellas tareas que tienen holgura, es decir, aquellas que pueden ser modificadas en su duración sin afectar la duración total del proyecto. Este método se utiliza sobre todo en aquellos proyectos que convergen un incontable número de actividades que se relacionan entre sí y busca acortar los tiempos de ejecución definiendo las relaciones más primordiales entre estas.

2.1.1.2 Programación iterativa con trabajo pendiente:

Este es un método de planificación progresiva basado en ciclos de vida adaptativos, como el enfoque ágil para el desarrollo de productos. Los requisitos se registran en historias de usuarios, que luego se priorizan y refinan justo antes de la fase de construcción. Las características del producto se desarrollan en intervalos de trabajo predeterminados. (PMBOK)

2.1.2 Herramienta de planificación:

Es aquella que condensa la información plasmada en el método de planificación, ya sea, las actividades secuenciadas, duraciones, recursos, fechas entre otra información del proyecto con el fin de crear un modelo de la programación que finalizara en el cronograma del proyecto. Un ejemplo de estas herramientas es el Microsoft Project, el cual permite el desarrollo de un cronograma.

2.1.3 Representación del cronograma:

Existen diversas maneras de exponer la información encontrada dentro del cronograma, todas estas representaciones tienen distintas características que resaltan según el

tipo de informacion que se quiera destacar, en este caso veremos tres formas de exponer esa informacion:

2.1.3.1 Lista de actividades:

Consiste en el despliegue de las actividades encontradas en el proyecto, ya sea, según su ejecucion o zonificación.

	Task Mode	Task Name	Duration	Start	Finish
3		T2	9 days	Mon 9/24/12	Thu 10/4/12
4		T3	8 days	Fri 10/5/12	Tue 10/16/12
5		T4	7 days	Wed 10/17/1	Thu 10/25/12
6		T5	6 days	Fri 10/5/12	Fri 10/12/12
7		T6	10 days	Fri 10/5/12	Thu 10/18/12
8		T7	9 days	Wed 10/17/1	Mon 10/29/1
9		T8	8 days	Fri 10/19/12	Tue 10/30/12
10		T9	4 days	Tue 10/30/12	Fri 11/2/12
11		T10	3 days	Mon 10/15/1	Wed 10/17/1
12		T11	5 days	Mon 10/15/1	Fri 10/19/12
13		T12	10 days	Wed 10/31/1	Tue 11/13/12
14		T13	7 days	Mon 11/5/12	Tue 11/13/12
15		T14	6 days	Wed 11/14/1	Wed 11/21/1
16		T15	3 days	Wed 11/14/1	Fri 11/16/12
17		T16	4 days	Mon 11/19/1	Thu 11/22/12
18		T17	7 days	Fri 11/23/12	Mon 12/3/12
19		Project Finished	0 days	Mon 12/3/12	Mon 12/3/12

Ilustración 1 Ejemplo de Lista de Actividades.

2.1.3.2 Diagrama de barras:

Expone las actividades del proyecto, su duración y su secuenciación.

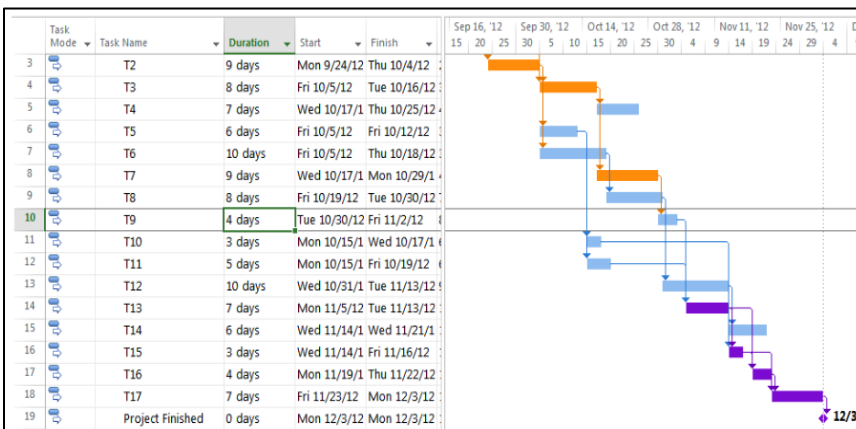


Ilustración 2. Ejemplo de Diagrama de Barras

2.1.3.3 Diagrama de red:

Esta representación permite observar la duración, las fechas establecidas, el responsable, indicador de tarea, entre otra información dentro de un mismo esquema. También relaciona las actividades según su secuencia de ejecución.

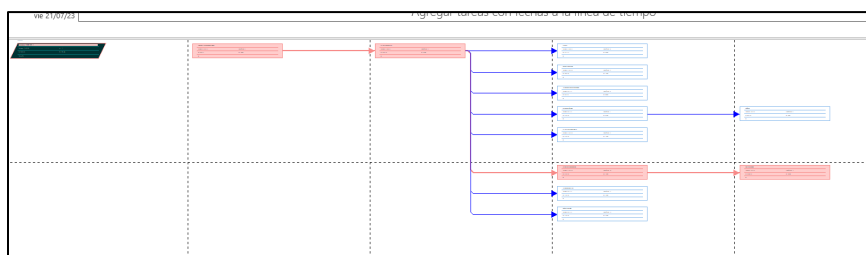


Ilustración 3. Ejemplo de Diagrama de Red

2.1.4 Recursos:

Son elementos esenciales que se necesitan para completar las tareas del proyecto. Se pueden clasificar en varias categorías, cada una con su propia función y características. Existen de tres tipos recursos: De trabajo que son aquellos que tienen que ver con el trabajo de personas y equipos, recursos materiales que son aquellos insumos que se podrían utilizar en la actividad y por último recursos de costo que implican aquellos que no son ninguno de los anteriores, tales como gastos de viáticos, por ejemplo. (Nicolás, 2002)

2.1.5 WBS/EDT:

Es una herramienta de la planificación de proyectos que ayuda a definir el alcance del mismo, esto lo hace a través de un desglose de las actividades, procesos y productos por niveles, con el fin de organizar el camino al cumplimiento de los objetivos de proyecto. Este desglose permite una mayor probabilidad para el buen desarrollo del proyecto al dar una cosmovisión de todo lo que lo compone, al final tiene que cerrar dentro de sus últimos niveles con entregables precisos que conforman el alcance propuesto. Este se inserta en la herramienta de planificación.

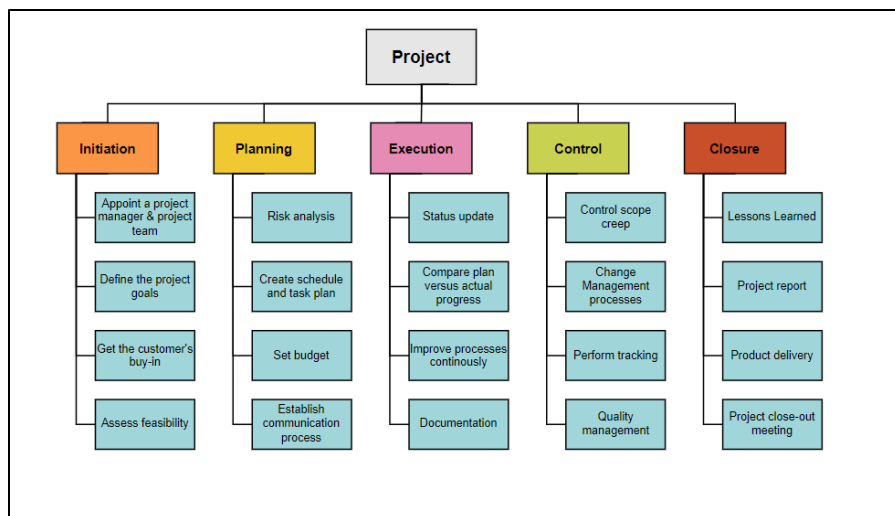


Ilustración 4. Estructura de desglose de trabajo.

2.1.6 Equipo de trabajo:

Durante el desarrollo del cronograma es necesario identificar las responsabilidades que tiene cada conformante del equipo de trabajo, esto ayuda a una rendición de cuentas más efectiva de los entregables y de quien es la responsabilidad de los mismos. Para esto se utiliza técnicas de clasificación de responsabilidades como la matriz RACI, esta relaciona las tareas con las funciones mediante la asignación de cuatro tipos de responsabilidades clave: responsable, rendición de cuentas, consultado e informado. Veamos un ejemplo en la siguiente tabla:

11 de octubre de 2013					
TAREA	ROLES				
	Responsable de control de proyectos	Programador	Jefe de proyecto	Superintendente	Superintendente Adjunto
Calendario Diseño	R	I	C	C	I
Desarrollo del calendario	A	R	C	C	I
Programar el estado	I	A	I	A	R
Actualización y análisis de la programación	C	R	A	I	I
Calendario Informes	C	R	I	I	A
Gestión del cambio	C	R	I	A	A
Recuperación	C	R	I	A	I
Cerrar	I	A	I	C	R

Leyenda: R = responsable, A = rinde cuentas, C = consultado, I = informado

Ilustración 5. Matriz RACI

2.1.7 Secuenciar actividades:

Es un proceso que implica identificar y registrar las relaciones entre las actividades del proyecto. El principal beneficio de este es establecer una secuencia lógica de trabajo que permita alcanzar la máxima eficiencia de trabajo, considerando todas las restricciones del proyecto. Esto se puede hacer mediante una herramienta llamada método de diagramación por procedencia.

2.1.7.1 Método de diagramación por procedencia:

Es una técnica utilizada para crear un modelo de programación donde las actividades se representan mediante nodos, los cuales se conectan gráficamente a través de una o más relaciones lógicas para mostrar la secuencia en la que deben ejecutarse. Incluye cuatro dependencias lógicas entre dos actividades, una predecesora, que es aquella que tiene que ocurrir primero, y una sucesora, que ocurre inmediatamente después de su predecesora.

2.1.7.1.1 Final a inicio (FS):

Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya concluido una actividad predecesora.

2.1.7.1.2 Final a Final (FF):

Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya concluido una actividad predecesora.

2.1.7.1.3 Inicio a inicio (SS):

Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede comenzar hasta que haya comenzado una actividad predecesora.

2.1.7.1.4 Inicio a final (SF):

Relación lógica en la cual una actividad sucesora no puede finalizar hasta que haya comenzado una actividad predecesora.

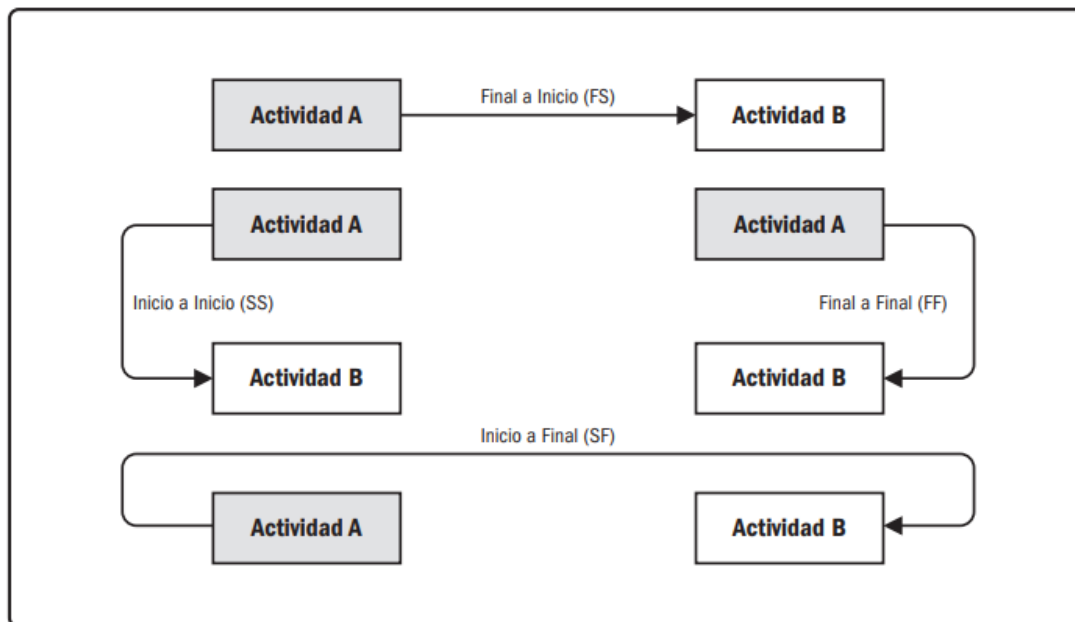


Ilustración 6. Relaciones entre dos actividades según el método de diagramación por precedencia

2.1.8 Estimar duración de actividades:

Es el proceso de estimar la cantidad de períodos de trabajo requeridos para completar las actividades individuales utilizando los recursos previstos. El principal beneficio de este proceso es que determina el tiempo necesario para finalizar cada actividad.

2.1.8.1 Estimación análoga:

Es una técnica para estimar la duración o el costo de una actividad o proyecto, basada en datos históricos de actividades o proyectos similares. Estudia parámetros como la duración, el presupuesto, el tamaño, el peso y la complejidad en uno o más proyectos similares, para estimar esos mismos parámetros o medidas en un proyecto futuro.

2.1.8.2 Estimación Paramétrica:

Es una técnica de estimación que emplea un algoritmo para calcular el costo o la duración basándose en datos históricos y parámetros del proyecto. La estimación paramétrica utiliza una relación estadística entre los datos históricos y otras variables (por ejemplo, metros cuadrados de construcción) para determinar una estimación de parámetros como el costo, el presupuesto y la duración de una actividad.

Por ejemplo, la duración de un proyecto de diseño puede estimarse multiplicando el número de planos por las horas laborales necesarias para cada plano. De manera similar, para una instalación de cable, se puede estimar multiplicando los metros de cable por las horas laborales necesarias por metro. Si el recurso asignado puede instalar 25 metros de cable por hora, la duración necesaria para instalar 1.000 metros sería de 40 horas (1.000 metros dividido por 25 metros por hora).

2.1.9 Calendario del cronograma:

Un calendario de cronograma identifica los días laborables, turnos, horarios de inicio y fin de la jornada laboral, fines de semana y días festivos en los que cada recurso específico está disponible. Esta información sobre la disponibilidad de los recursos, como equipos, maquinaria y materiales, durante un período planificado se utiliza para estimar su uso. También especifican cuándo y por cuánto tiempo estarán disponibles los recursos del equipo y los recursos físicos a lo largo del proyecto. Esta información puede detallarse a nivel de actividad o a nivel de proyecto, e incluye atributos como la experiencia, el nivel de habilidad de los recursos y sus diversas ubicaciones geográficas.

2.1.10 Análisis de valor ganado:

El análisis del valor ganado compara la línea base establecida para medir el desempeño con el desempeño real del cronograma y los costos. El Valor Ganado (Earned Value

Management) combina la línea base del alcance con las líneas base de costos y cronograma para crear una línea base integral que se utiliza para medir el desempeño. Define y supervisa tres dimensiones fundamentales para cada paquete de trabajo y cuenta de control:

2.1.10.1 Valor planificado (PV):

El valor planificado (PV) representa el presupuesto autorizado que se ha asignado al trabajo programado. Este presupuesto corresponde al trabajo previsto para completar una actividad o un componente de la estructura de desglose del trabajo (EDT/WBS), excluyendo la reserva de gestión. El presupuesto se distribuye por fases a lo largo del proyecto, y en un momento dado, el valor planificado indica la cantidad de trabajo físico que debería haberse completado hasta ese punto. El valor planificado total del proyecto, a menudo referido como la línea base para la medición del desempeño (PMB), también es conocido como el presupuesto hasta la conclusión (BAC).

2.1.10.2 Valor ganado (EV):

Es una medida del trabajo completado, expresada en términos del presupuesto autorizado para dicho trabajo. Representa el presupuesto asociado con el trabajo autorizado que se ha finalizado. El EV debe estar alineado con la línea base de medición del desempeño (PMB) y no puede superar el presupuesto aprobado del valor planificado (PV) para un componente. El EV se utiliza frecuentemente para calcular el porcentaje de avance de un proyecto. Es fundamental definir criterios de medición del progreso para cada componente de la estructura de desglose del trabajo (EDT/WBS) para evaluar el trabajo en curso. Los gerentes de proyecto monitorean el EV, tanto sus incrementos para evaluar el estado actual como el total acumulado, para analizar las tendencias de desempeño a largo plazo.

2.1.10.3 Costo real (AC):

Es el costo incurrido por el trabajo realizado en una actividad durante un período de tiempo determinado. Representa el costo total en el que se ha incurrido para completar el trabajo medido por el valor ganado (EV). El AC debe estar alineado en su definición con lo que se haya presupuestado para el valor planificado (PV) y medido por el EV, ya sea en términos de horas directas, costos directos, o todos los costos, incluyendo los indirectos. A diferencia del EV y el PV, el AC no tiene un límite superior; se contabilizan todos los costos necesarios para alcanzar el EV.

2.1.11 Análisis de variación:

El análisis de variación utilizado en la gestión del valor ganado (EVM) se centra en explicar las causas, impactos y acciones correctivas de las desviaciones en el costo ($CV = EV - AC$), el cronograma ($SV = EV - PV$) y la variación a la conclusión ($VAC = BAC - EAC$). Las variaciones en el costo y el cronograma son las que se analizan con mayor frecuencia. En proyectos que no implementan EVM, se puede realizar un análisis de variaciones similar comparando el costo planificado con el costo real para identificar desviaciones entre la línea base de costos y el desempeño real del proyecto.

2.1.11.1 Variación del cronograma (SV):

Es un indicador del desempeño del cronograma que se calcula como la diferencia entre el Valor Ganado (EV) y el Valor Planificado (PV). Este índice ayuda a determinar si un proyecto está adelantado o retrasado con respecto a la fecha de entrega en un momento específico. En el Análisis de Valor Ganado (EVA), la SV es una herramienta valiosa que refleja el grado de avance o retraso del proyecto en comparación con la línea base del cronograma. A medida que el proyecto avanza, la SV se ajustará y, al completarse, esta variación será igual a cero, ya que todos los valores planificados habrán sido alcanzados. Para una evaluación más completa, se recomienda usar la SV junto con el método de programación de la Ruta Crítica (CPM) y la gestión de riesgos. La fórmula para calcular la SV es: $SV = EV - PV$.

2.1.11.2 Variación del costo (CV):

La Variación del Costo (CV) mide el déficit o superávit en el presupuesto en un momento específico, calculado como la diferencia entre el Valor Ganado (EV) y el Costo Real (AC). Esta métrica evalúa el desempeño en términos de costos de un proyecto. La fórmula para la CV es: $CV = EV - AC$. Al finalizar el proyecto, la CV reflejará la diferencia entre el Presupuesto Hasta la Conclusión (BAC) y el monto efectivamente gastado. La CV es especialmente importante porque muestra cómo se comparan los costos reales con el rendimiento previsto. Una CV negativa suele ser un signo de que el proyecto está sobre costado, lo cual puede ser difícil de recuperar.

2.1.12 Índice de desempeño del cronograma (SPI):

evalúa la eficiencia del cronograma y se calcula como la relación entre el Valor Ganado (EV) y el Valor Planificado (PV). Este índice muestra cuán eficazmente el equipo del proyecto está avanzando en su trabajo. A menudo se usa junto con el Índice de Desempeño del Costo (CPI) para estimar los resultados finales del proyecto. Un SPI menor a 1,0 indica que el avance del trabajo es inferior al planeado, mientras que un SPI superior a 1,0 sugiere que el progreso es mayor al previsto. Dado que el SPI refleja el desempeño general del proyecto, también es importante analizar la ruta crítica para prever si el proyecto se completará antes o después de la fecha programada. La fórmula para calcular el SPI es: $SPI = EV / PV$.

2.1.13 Índice de desempeño del costo (CPI):

mide la eficiencia en el uso de los recursos presupuestados y se calcula como la relación entre el Valor Ganado (EV) y el Costo Real (AC). Evalúa cuán eficazmente se están utilizando los costos para el trabajo realizado. Un CPI menor a 1,0 indica que el costo del trabajo completado es mayor al previsto, mientras que un CPI superior a 1,0 sugiere que el costo es menor en relación con el rendimiento logrado hasta el momento. La fórmula para calcular el CPI es: $CPI = EV / AC$.

3 Metodología

Inicialmente, se tomó como referencia la práctica AACE RP 60R-10 de Diseño de Cronogramas, aplicada a la ingeniería, la contratación y la construcción, y se realizó su traducción correspondiente. Con un entendimiento claro de esta práctica, se evaluó la forma de implementar y desarrollar el plan de gestión y diseño del cronograma para un proyecto en la empresa MOVIPETROL S.A.S. Para ello, se trabajó en conjunto con un equipo de profesionales de la empresa, seleccionando un proyecto próximo a ejecutar y generando un plan de acción para implementar adecuadamente el diseño de cronograma según lo estipulado por la práctica AACE.

4 Diagnostico

La empresa MOVIPETROL S.A.S. es una compañía santandereana con más de 15 años de experiencia en obras civiles del sector público a nivel nacional, especialmente en proyectos de edificaciones y saneamiento básico del Ministerio de Vivienda. Tras revisar el banco de proyectos y la planificación de obras de la empresa, se concluyó que su forma de operar en los proyectos se basa en la experiencia empírica de sus profesionales. Aunque inicialmente se elabora un cronograma de obra basado en el juicio de expertos para estimar la duración total del proyecto, no se aprovechan todas las herramientas que un cronograma detallado, fundamentado en un plan de gestión y en buenas prácticas, puede ofrecer.

Este diagnóstico de la situación empresarial actual se realizó midiendo ciertos parámetros que son elementales según la gestión de proyectos, en los cuales la AACE y el PMI son muy claros en destacar como vitales para la buena ejecución del alcance de un proyecto.

4.1 Cumplimiento de plazos de entrega:

Según la revisión de los informes de proyectos de construcción de vivienda y unidades sanitarias adaptados en el pasado, la entrega en las fechas establecidas de plazo siempre fue un factor de incumplimiento. En algunos incluso podría decirse que superan el margen del 5% de desviación respecto a la línea base. Esto se debe a que la organización no tiene una cultura de gestión del cronograma, lo cual dificulta el control de los procesos trayendo retrasos en el desarrollo.

4.2 Cumplimiento del presupuesto proyectado:

La organización siempre presenta problema con el sobrecosto, según los análisis hechos el 95% de los proyectos realizados por MOVIPETROL S.A.S siempre presentaron un aumento en el costo de las actividades, esto por la falta de prevención de riesgos del entorno, control de cronograma, entre otras buenas prácticas que no se tienen implementadas. A pesar de que la empresa siempre genera utilidad con sus proyectos, se reconoce que podría ser de un margen superior si tuviera de su parte la gestión de proyectos.

4.3 Gestión de riesgos:

Estudiando los documentos de registro histórico sobre otros proyectos que conserva la empresa se observó la deficiencia en el desarrollo de una matriz de riesgos útil, completa y real. Aunque haya la existencia de estas matrices, no contemplaron muchas situaciones propias del entorno de cada proyecto lo que causó retrasos de cronograma y sobrecostos de las actividades en la mayoría de proyectos. Esto ocurre porque no existe la buena práctica de gestión de proyecto de un plan de mitigación y respuesta a los riesgos, sino que se mencionan únicamente por cumplir un formalismo documental y no se les realiza seguimiento y control.

4.4 Innovación tecnológica:

Como último pilar se observó que tanta innovación tecnológica ha adoptado MOVIPETROL S.A.S, llegando a la conclusión de que existe una deficiencia total en el uso de nuevas tecnologías de planeación, programación, control y diseño. Se destaca que no solo se trata del uso de softwares y herramientas digitales innovadoras, sino de procesos de planeación tales como los expuestos en la AACE y PMI que no se tienen adoptados en la organización. Esto crea una debilidad corporativa al ser menos competitiva respecto a otras empresas que ya han incursionado en el uso de nuevas metodologías y tecnologías.

Una vez expuesto el diagnóstico real de la empresa MOVIPETROL S.A.S surge la necesidad de dar pasos de cambio dentro la metodología para realizar proyectos. La práctica recomendada de la AACE 61R-10 Diseño del cronograma es una respuesta definitiva a todos los puntos débiles que fueron expuestos en el diagnóstico empresarial y resuelve una a una las carencias en gestión de proyectos.

- La implementación de la práctica AACE 61R-10, que se centra en el diseño detallado de cronogramas, ayudaría a establecer un marco estructurado para planificar y monitorear el progreso del proyecto, reduciendo así las desviaciones y mejorando la puntualidad en las entregas.
- La práctica AACE 61R-10 permite no solo una mejor planificación temporal, sino también una alineación de los recursos financieros con los objetivos del proyecto, lo que contribuiría a una mayor precisión en la estimación y control de costos.
- La implementación de la AACE 61R-10 incluiría un enfoque sistemático para integrar la gestión de riesgos dentro del diseño del cronograma, permitiendo una anticipación y respuesta más efectiva a las contingencias.

- La práctica AACE 61R-10 no solo facilita la adopción de herramientas tecnológicas, sino que también promovería un cambio cultural hacia una mayor innovación en los procesos de gestión.

5 Plan de implementación de la práctica AACE RP 60R-10 - Diseño de cronogramas, aplicado a la ingeniería, la contratación y la construcción

La práctica AACE establece que, para comenzar con el diseño del cronograma, es esencial gestionar el alcance del proyecto y del producto final. En el caso de MOVIPETROL S.A.S., la empresa no formula proyectos, sino que ejecuta obras civiles formuladas por el Estado. Sin embargo, como ejecutores, tienen la responsabilidad de realizar la planificación completa de la obra, basándose en un alcance definido y en los plazos estipulados por el proyecto.

Por lo tanto, la empresa planea implementar esta práctica en el proyecto "CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS DEL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO, DEPARTAMENTO DE CASANARE", el cual tiene un plazo de ejecución de 9 meses a partir de la firma del acta de inicio del proyecto.

5.1 Planificar la Gestión del Cronograma

Para iniciar, se requiere establecer todos los procedimientos y la documentación para planificar, ejecutar y controlar el cronograma con el cual se llevará a cabo el alcance del proyecto.

Para esto vamos a requerir todos los datos de entrada que involucran la documentación existente del proyecto y de la empresa que puedan ser relevantes tanto en información como en experiencia para la planificación. Seguidamente se necesitan de las herramientas técnicas

con las cuales cuenta la empresa para procesar la información que se encontró como datos de entrada. Finalmente, como entregable al procesar esos datos se tendrá como resultado un plan de gestión del cronograma.

5.1.1 Planificar la Gestión del Cronograma: Entradas

Para el proyecto de “CONSTRUCCION DE UNIDADES SANITARIAS DEL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE”, se cuenta con amplia información de carácter técnico y social que fue recolectada por el municipio de Paz de Ariporo Casanare. Se realiza la revisión de lo que se tiene y según la AACE se tiene el siguiente resultado de los datos de entrada:

Entradas iniciales	Entradas finales
<input checked="" type="checkbox"/> Acta de constitución	<input checked="" type="checkbox"/> Acta de constitución
<input type="checkbox"/> Plan para la dirección del proyecto	<input checked="" type="checkbox"/> Plan para la dirección del proyecto
<input type="checkbox"/> Plan de gestión del alcance (EDT)	<input checked="" type="checkbox"/> Plan de gestión del alcance (EDT)
<input type="checkbox"/> Enfoque de desarrollo	<input checked="" type="checkbox"/> Enfoque de desarrollo
<input checked="" type="checkbox"/> Factores ambientales de la empresa	<input checked="" type="checkbox"/> Factores ambientales de la empresa
<input checked="" type="checkbox"/> Estructura de la organización	<input checked="" type="checkbox"/> Estructura de la organización
<input checked="" type="checkbox"/> Disponibilidad de recursos	<input checked="" type="checkbox"/> Disponibilidad de recursos
<input checked="" type="checkbox"/> Software de programación	<input checked="" type="checkbox"/> Software de programación
<input type="checkbox"/> Procedimientos y procesos de la organización	<input checked="" type="checkbox"/> Procedimientos y procesos de la organización
<input checked="" type="checkbox"/> Bases de datos	<input checked="" type="checkbox"/> Bases de datos
<input type="checkbox"/> Activos de los procesos de organización	<input checked="" type="checkbox"/> Activos de los procesos de organización
<input checked="" type="checkbox"/> Información histórica	<input checked="" type="checkbox"/> Información histórica
<input checked="" type="checkbox"/> Políticas, guías existentes relacionadas	<input checked="" type="checkbox"/> Políticas, guías existentes relacionadas
<input type="checkbox"/> Plantillas y formularios	<input checked="" type="checkbox"/> Plantillas y formularios
<input type="checkbox"/> Herramientas de monitoreo e información	<input checked="" type="checkbox"/> Herramientas de monitoreo e información

Ilustración 7. Lista de datos de entrada del proyecto de estudio de MOVIPETROL S.A.S

Se determinó que el proyecto cuenta con un acta de constitución clara y concisa, lo que permite definir claramente el alcance del proyecto. Además, la empresa dispone de un equipo de trabajo con experiencia en la ejecución de este tipo de proyectos y una base histórica de

proyectos similares previos, que sirve como referencia para la ejecución de la obra civil de unidades sanitarias. A continuación, se presenta el equipo de trabajo:

Equipo de trabajo MOVIPETROL S.A.S.	
<input checked="" type="checkbox"/>	Gerente - Ing. Civil Artemio Suárez
<input checked="" type="checkbox"/>	Director - Ing. Civil Carlos Buitrago
<input checked="" type="checkbox"/>	Residente de Obra - Ing. Civil Alejandro Prieto
<input checked="" type="checkbox"/>	Auxiliar de Obra - Arq. Brayan Batiño
<input checked="" type="checkbox"/>	Facilitador - Ing. Civil Andrea Suárez

Ilustración 8. Equipo de Trabajo MOVIPETROL S.A.S

Con este equipo de trabajo la empresa hará la recopilación de datos requerida y formulará la información necesaria para la implementación de la correspondiente práctica.

Aunque la empresa tiene amplia experiencia en la ejecución del tipo de proyectos en cuestión, su estructura administrativa no cuenta con procesos estipulados claros dentro de la planeación de un proyecto, por lo tanto, no tiene desarrolladas plantillas ni las herramientas de monitoreo dentro de la organización. Por otra parte, sí cuenta con un software de programación, Microsoft Project el cual ha sido utilizado superficialmente en proyectos anteriores, pero dentro del equipo no todos los involucrados conocen todas las herramientas del mismo y tampoco las han usado en los cronogramas de anteriores proyectos.

Con la información recolectada por el Gerente, director y Residente se estructuró la EDT (Estructura de desglose de trabajo) inicial y se formularon plantillas y herramientas de monitoreo para los procesos en cuestión.



Ilustración 9. EDT del proyecto de MOVIPETROL S.A.S

Con la intervención de la facilitadora, se logró estandarizar la Estructura de Desglose del Trabajo (EDT), buscando que este ejercicio inicial pudiera repetirse e implementarse en futuros proyectos. Para ello, junto con el Ingeniero Carlos, se definieron los capítulos principales que, a su criterio, deberían incluirse, tales como Dirección de Proyecto, Construcción de las Unidades Sanitarias, Entrega de las Unidades y Cierre y Liquidación del Proyecto. La Dirección se estructuró de manera que el procedimiento en cualquier proyecto sea consistente, considerando que todos los proyectos que la empresa ejecuta son del estado y la tramitología de legalización siempre es la misma. El Ingeniero Artemio señaló que, en ese apartado, lo único que faltaría sería incluir el trámite de anticipo, que debería ir justo después del trámite del acta de inicio; sin embargo, este caso específico no aplica debido a que el proyecto no cuenta con dicho pago anticipado.

En cuanto al apartado de las actividades de obra, el director, en colaboración con el ingeniero residente, define las actividades totales presentes en todos los proyectos de vivienda

y/o unidades que desarrolla la empresa. Esto se puede evidenciar en la EDT, ya que dentro de los capítulos de obra se incluyen todas las actividades principales que forman parte de la construcción de una unidad residencial. Estas actividades abarcan obras preliminares, cimentaciones, estructuras, mamposterías, redes hidrosanitarias y eléctricas, cubiertas, pañetes, pintura, enchapes, instalación de aparatos, carpintería metálica y/o madera, y sistema de tratamiento de aguas residuales. Cada capítulo finaliza con un entregable, el cual se recibe conforme a las especificaciones técnicas y unidades de medida de cada actividad. Esta totalidad de actividades permite adaptar la EDT a todos los proyectos de la empresa.

Por otro lado, los apartados de entrega y cierre del proyecto pueden ajustarse a la forma de entrega que tenga cada obra, considerando si el proyecto se encuentra en una localización rural y/o dispersa o en un solo lugar. Las actividades de cierre son uniformes en todos los casos que la empresa ha gestionado.

5.1.2 *Planificar la Gestión del Cronograma: Herramientas y Técnicas*

En este apartado se definen las herramientas con las que cuenta la empresa a nivel de recurso profesional, humano y práctico. Se toman los requisitos de la AACE y se tienen los siguientes resultados en la empresa MOVIPETROL S.A.S.

Herramientas y Técnicas disponibles	
<input checked="" type="checkbox"/>	Juicio de Expertos
<input checked="" type="checkbox"/>	Conocimientos técnicos
<input checked="" type="checkbox"/>	Estimación de duraciones
<input checked="" type="checkbox"/>	Identificación de riesgos
<input type="checkbox"/>	Recopilación de datos
<input type="checkbox"/>	Bases de datos consolidadas
<input checked="" type="checkbox"/>	Entrevistas
<input checked="" type="checkbox"/>	Grupos focales de trabajo
<input type="checkbox"/>	Habilidades del equipo de trabajo
<input type="checkbox"/>	Gestión de conflictos
<input checked="" type="checkbox"/>	Gestión de reuniones
<input type="checkbox"/>	Facilitador

Ilustración 10. Lista de Herramientas y Técnicas disponibles dentro de MOVIPETROL S.A.S

La empresa cuenta con amplia experiencia en este tipo de proyectos, ha ejecutado más de 1500 unidades residenciales de vivienda a lo largo de su trayectoria en las obras estatales. Partiendo de ese punto se cuenta con amplia experiencia a nivel de criterios técnicos, de igual manera también con el personal con la experiencia en planeación y ejecución de los mismos. Sin embargo, esta no implementa metodologías para recopilación de datos, tampoco maneja la retroalimentación de las lecciones aprendidas en un registro formal y no maneja ninguna metodología para la identificación de riesgos.

El primer paso fue realizar la identificación de riesgos del proyecto, para esto se realizó una reunión con los interesados del proyecto:

Los ingenieros Artemio, Carlos y Alejandro, los cuales han ejecutado conjuntamente proyectos de unidades sanitarias en el pasado, definen la siguiente lista de riesgos:

Lista de riesgos	
<input type="checkbox"/>	Difícil acceso a los sitios de trabajo
<input type="checkbox"/>	Exceso de lluvias
<input type="checkbox"/>	No encontrar mano calificada en la zona
<input type="checkbox"/>	Que los usuarios permitan guardar los materiales en sus residencias
<input type="checkbox"/>	Que la alternativa del sistema de tratamiento en polietileno no funcione en la zona
<input type="checkbox"/>	El rechazo de los usuarios al tipo d alternativa de tratamiento de aguas residuales
<input type="checkbox"/>	Que la construcción del sistema de tratamiento convencional en concreto tome más tiempo del planeado por las lluvias
<input type="checkbox"/>	Que la alternavita en polietileno sea elevadamente costosa en comparación a la convencional en concreto y esto disminuya considerablemente la rentabilidad del proyecto
<input type="checkbox"/>	No cumplir los tiempos de entrega estipulados en el contrato con el sistema de tratamiento en concreto
<input type="checkbox"/>	Demora en los pagos por parte de la entidad
<input type="checkbox"/>	Bajo flujo de caja para soportar la demora en los pagos

Ilustración 11. Lista de Riesgos del Proyecto.

Con esta lista de riesgos iniciales, se hizo una administración de riesgos la cual busca prever los posibles problemas y llevar a cabo acciones a tiempo. para esto la Ing. Andrea como facilitadora, propuso usar las herramientas de Mapa de Riesgos y Matriz de Administración de Riesgos. Para el Mapa de riesgos el equipo debía calificar los riesgos planteados para establecer un orden de probabilidad y prioridad entre ellos, esta calificación se realizaba en una escala del 1 al 5, donde 1 era menos probable que sucediera y 5 más probable. De este ejercicio se obtuvo el siguiente Mapa de Riesgos:

MAPA DE RIESGOS					
CLAVE DE CALIFICACIÓN DE RIESGOS	MUY BAJO 0 - SE PUEDE OMITIR	BAJO 0 - ACEPTABLE	MEDIO 1 - SE PUEDE MITIGAR	ALTO 2 - GENERALMENTE INACEPTABLE	EXTREMO 3 - INTOLERABLE
	1	2	3	4	5
RESULTADOS	1 a 6	7 a 11	12 a 16	17 a 21	22 a 25

Tabla 1. Convenciones de Mapa de Riesgos

RIESGO	SEVERIDAD		PUNTAJE (C=A x B)	NIVEL DE RIESGO (RESULTADOS)
	1- POCO PROBABLE 5- MUY PROBABLE	1- BAJO IMPACTO 5- ALTO IMPACTO		
	PROBABILIDAD DE QUE SUCEDA (A)	IMPACTO DEL RIESGO EN CASO DE QUE SUCEDA (B)		
Difícil acceso a los sitios de trabajo	3	4	12	MEDIO
Exceso de lluvias	5	5	25	EXTREMO
No encontrar mano calificada en la zona	2	1	2	MUY BAJO
Que los usuarios permitan guardar los materiales en sus residencias	1	3	3	MUY BAJO
Que la alternativa del sistema de tratamiento en polietileno no funcione en la zona	2	5	10	BAJO
El rechazo de los usuarios al tipo de alternativa de tratamiento de aguas residuales	1	1	1	MUY BAJO
Que la construcción del sistema de tratamiento convencional en concreto tome más tiempo del planeado por las lluvias	4	5	20	ALTO
Que la alternativa en polietileno sea elevadamente costosa en comparación a la convencional en concreto y disminuya considerablemente la rentabilidad del proyecto	5	4	20	ALTO
No cumplir los tiempos de entrega estipulados en el contrato con el sistema de tratamiento en concreto	5	4	20	ALTO
Demora en los pagos por parte de la entidad	3	5	15	MEDIO
Bajo flujo de caja para soportar la demora en pagos	3	4	12	MEDIO

Tabla 2. Mapa de Riesgos el Proyecto

Al realizar el mapa de riesgos, los ingenieros pudieron visualizar el nivel de impacto de cada riesgo, ellos como equipo de trabajo manifestaron que nunca habían usado este tipo de formatos, pero destacaron lo práctico y sencillo que es implementarlos, y los beneficios que estos brindan, pues una vez se utilizó esta herramienta se dio una prioridad a los riesgos y el Director del proyecto, el Ing. Carlos establece que los riesgos que tenían un nivel de impacto “MUY BAJO” y “BAJO” no ingresarán a la Matriz de Administración de Riesgos y que se le daría prioridad a los riesgos de nivel “MEDIO”, “ALTO” y “EXTREMO”.

La Matriz de Administración de riesgos consiste en asignar una respuesta al tipo de riesgo y en base a eso se genera un plan de acción, el cual tiene un responsable al frente.

La Matriz de administración de riesgos, establece las siguientes posibles respuestas para cada caso:

Posible respuesta al riesgo	¿Cómo lo hago?
<i>Evitarlo</i>	Eliminar la causa
<i>Reducirlo</i>	Tomar medidas y controlar el riesgo
<i>Asumirlo</i>	Aceptar las consecuencias del riesgo
<i>Transferirlo</i>	Compartir los riesgos. Ej: Póliza de garantía
<i>Obtener mayor información</i>	Hacer pruebas y simulacros

Ilustración 12. Tipos de Respuesta a los Riesgos.

Los ingenieros Artemio y Carlos, con los aportes del Ing. Alejandro y el Arq. Brayan, asignan las respuestas y con ayuda de la facilitadora diligencian la Matriz.

RIESGO	Posible respuesta	Plan de acción	Responsable
Difícil acceso a los sitios de trabajo	<i>Reducirlo</i>	Revisar las visitas que realizó interventoría Reorientar las ubicaciones y corroborar vías de acceso Realizar visitas previas en casos críticos	Auxiliar - Arq. Brayan
Exceso de lluvias	<i>Obtener más información</i>	Corroborar en el IDEAM los históricos de lluvias en el municipio Hacer entrevistas a los presidente de juntas de las veredas del proyecto	Auxiliar - Arq. Brayan
Que la construcción del sistema de tratamiento convencional en concreto tome más tiempo del planeado por las lluvias	<i>Reducirlo</i>	Revisar el procesos constructivo Revisar en bases de datos de proyectos con condiciones climáticas similares, como fueros los tiempos de obra	Residente - Ing. Alejandro
Que la alternativa en polietileno sea elevadamente costosa en comparación a la convencional en concreto y disminuya considerablemente la rentabilidad del proyecto	<i>Asumirlo, Obtener más información</i>	Informarse y capacitarse hacerla del sistema de tratamiento de polietileno, documentarse hacerla de los lugares donde es viable instalarlo Realizar la comparación en costo y tiempo de las dos alternativas	Director - Ing. Carlos
No cumplir los tiempos de entrega estipulados en el contrato con el sistema de tratamiento en concreto	<i>Evitarlo</i>	Realizar una revisión de los resultados con los DOS PASOS anteriores Definir una duración del sistema convencional con las condiciones climáticas del municipio	Director y Residente - Ing. Carlos e Ing. Alejandro
Demora en los pagos por parte de la entidad	<i>Asumirlo</i>	Asumir las consecuencias Informar a la entidad y a la interventoría de la necesidad urgente de apertura de la fiducia (para pagos) Estar al tanto del trámite de la fiducia	Director - Ing. Carlos
Bajo flujo de caja para soportar la demora en pagos	<i>Evitarlo</i>	Revisar líneas de crédito viables para el proyecto Definir los tiempos de obra para definir un flujo de caja confiable	Gerente y Director - Ing. Artemio e Ing. Carlos

Tabla 3. Matriz de Administración de Riesgos Inicial

Con las responsabilidades asignadas, se llevan a cabo los planes de acción y dentro de la información más relevante se obtuvo que con respecto al tema de las lluvias, el municipio de Paz de Ariporo presenta lluvias 8 de los 12 meses del año, motivo por el cual el municipio se define como una zona con épocas bien definidas, esto se tradujo en que los 8 meses de lluvias son constantes y frecuentes, de igual manera por medio de las entrevistas y del IDEAM se corroboró esta información.



Ilustración 13. Imágenes Compartidas por la Comunidad

Algunos presidentes de juntas de las veredas, y personas del sector compartieron imágenes de las situaciones más críticas del invierno el cual inicia a mediados de febrero. El director decidió tener este escenario como el más pesimista para tomar decisiones.

La empresa MOVIPETROL S.A.S. nunca había ejecutado proyectos en los cuales el sistema de tratamiento de aguas residuales estuviera fabricado en polietileno; siempre habían

construido estos sistemas en concreto reforzado o en mampostería. Esta falta de experiencia generó incertidumbre en la planificación del proyecto, ya que el equipo desconocía los tiempos de ejecución de este tipo de sistemas. Al profundizar en el tema, se obtuvieron los siguientes resultados:

Alternativa	Tiempos de obra	Costo
<i>Sistema en polietileno</i>	1.5 días	\$ 9.201.534,00
<i>Sistema tradicional en concreto en condiciones normales</i>	3 días	\$ 5.763.120,00
<i>Sistema tradicional en concreto en condiciones de lluvias constantes</i>	Hasta 7 días	Costo inicial de \$ 5.763.120, estimar sobrecostos en tiempos

Tabla 4. Sistema de Tratamiento de Aguas Residuales

La información se obtuvo a partir de proyectos ejecutados anteriormente y de proveedores de la primera alternativa. En la tercera alternativa, se planteó un escenario con lluvias excesivas. Para abordar esta situación, el equipo de trabajo se reunió para revisar proyectos que habían enfrentado problemas similares relacionados con el clima. En los informes de obra revisados, ya que hasta ese momento no se contaba con bases de datos consolidadas, se concluyó que el sistema convencional presenta retrasos significativos que son difíciles de mitigar en el sitio de construcción. Esto se debe a que los lugares de ejecución de estos proyectos son rurales y dispersos, lo que expone el área de trabajo a condiciones adversas. Para evitar que las lluvias alteren los tiempos de trabajo, sería necesario construir un campamento con cubierta en cada unidad en la que se trabaje; sin embargo, esta opción no era viable para el equipo.

El Ing. Alejandro compartió con el equipo imágenes de proyectos en los cuales las lluvias habían retrasado las actividades. Basándose en la duración de las actividades afectadas por este imprevisto, se estipula un tiempo de hasta 7 días para el sistema convencional. A través de las imágenes, el equipo pudo recordar y establecer lecciones aprendidas derivadas

de las lluvias, como la necesidad de detener las actividades y vaciar las excavaciones antes de retomar el trabajo, así como los problemas que enfrentaban los vehículos encargados de distribuir materiales, los cuales no podían avanzar debido al exceso de lodo e inundaciones en las vías.



Ilustración 14. Inundaciones Viales de Proyectos Antiguos

El director del proyecto decidió aceptar la alternativa del sistema de tratamiento de aguas residuales en polietileno después de revisar todos los factores relevantes. Posteriormente, se actualizó la lista de riesgos, que quedó de la siguiente manera para proceder con el siguiente paso.

RIESGO	Posible respuesta	Plan de acción	Responsable
Difícil acceso a los sitios de trabajo	<i>Reducirlo</i>	Revisar las visitas que realizó interventoría Reorientar las ubicaciones y corroborar vías de acceso Realizar visitas previas en casos críticos	Auxiliar - Arq. Brayan
Exceso de lluvias	<i>Obtener más información</i>	Corroborar en el IDEAM los históricos de lluvias en el municipio Hacer entrevistas a los presidentes de juntas de las veredas del proyecto	Auxiliar - Arq. Brayan
Que la alternativa en polietileno sea costosa y disminuya considerablemente la rentabilidad del proyecto	<i>Evitarlo</i>	Cotizar a profundidad el sistema de tratamiento Escoger la mejor alternativa de proveedor Revisar la incidencia del tiempo de ejecución de la actividad con respecto a la duración total de construcción de la unidad	Director - Ing. Carlos
Demora en los pagos por parte de la entidad	<i>Asumirlo</i>	Asumir las consecuencias Informar a la entidad y a la interventoría de la necesidad urgente de apertura de la fiducia (para pagos) Estar al tanto del trámite de la fiducia	Director - Ing. Carlos
Bajo flujo de caja para soportar la demora en pagos	<i>Evitarlo</i>	Revisar líneas de crédito viables para el proyecto Definir los tiempos de obra para definir un flujo de caja confiable	Gerente y Director - Ing. Artemio e Ing. Carlos

Tabla 5. Matriz de Administración de Riesgos Final

De esta manera, se lograron eliminar dos riesgos y se modificó otro, el cual mantuvo el mismo nivel de riesgo que tenía inicialmente. Se actualizaron los planes de acción correspondientes para la alternativa del sistema de tratamiento. Los demás riesgos conservaron el mismo plan de acción, el cual se continuará monitoreando a lo largo del proceso.

La facilitadora le explica al equipo que esta Matriz de riesgo y de administración de los mismos, se puede aplicar a todos los proyectos, y que la finalidad de este ejercicio es que su implementación sea una lección aprendida para que el equipo de trabajo siempre la realice. Para esto los Ing. Incluyen en la documentación de la empresa las matrices y su aplicación para tomar como ejemplo en futuros proyectos.

Se procedió a consolidar una base de datos con la información histórica de los proyectos relevantes, por medio de entrevistas a los ingenieros que estuvieron involucrados y con ayuda de la experiencia de los profesionales se formularon formalmente las duraciones y los criterios técnicos para avalar el alcance del proyecto.

Con los mismos profesionales, se escogió el equipo de trabajo, cada uno de los integrantes con sus indicados roles y se continuó trabajando con la facilitadora en el equipo de

planeación, la cual tiene como función que las comunicaciones sean abordadas de la manera adecuada, esta misma persona es la encargada de implementar la gestión de conflictos para las situaciones en las que las diferencias de criterio técnico sean motivo de molestia o discrepancia entre el equipo de trabajo. Como resultado, se obtuvo las herramientas y técnicas para el diseño de cronograma:

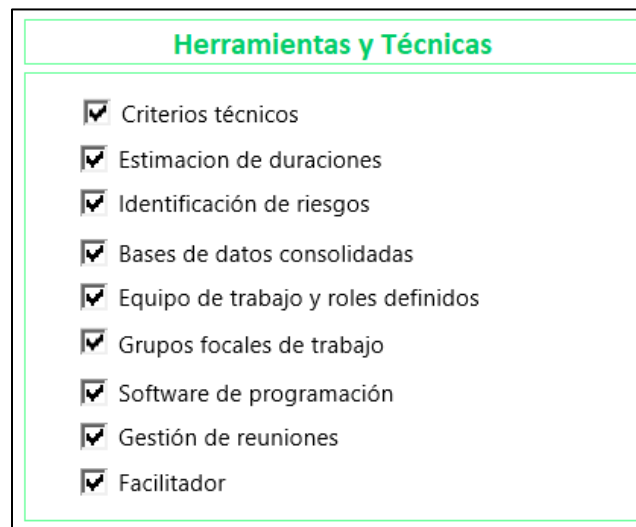


Ilustración 15. Herramientas y Técnicas que se utilizarán en el desarrollo del Cronograma

5.1.3 Planificar la Gestión del Cronograma: Salidas

Con la Estructura de Desglose de Trabajo y las herramientas y técnicas definidas, se establece el Plan de Gestión de Cronograma. En este se marca la pauta del nivel de detalle que tendrá el cronograma, se determinó que se manejará una estimación ascendente teniendo en cuenta el

nivel detalle que se planteó previamente en la EDT, el cual se aprecia a continuación con el desglose de las actividades para el apartado de Dirección de proyecto:

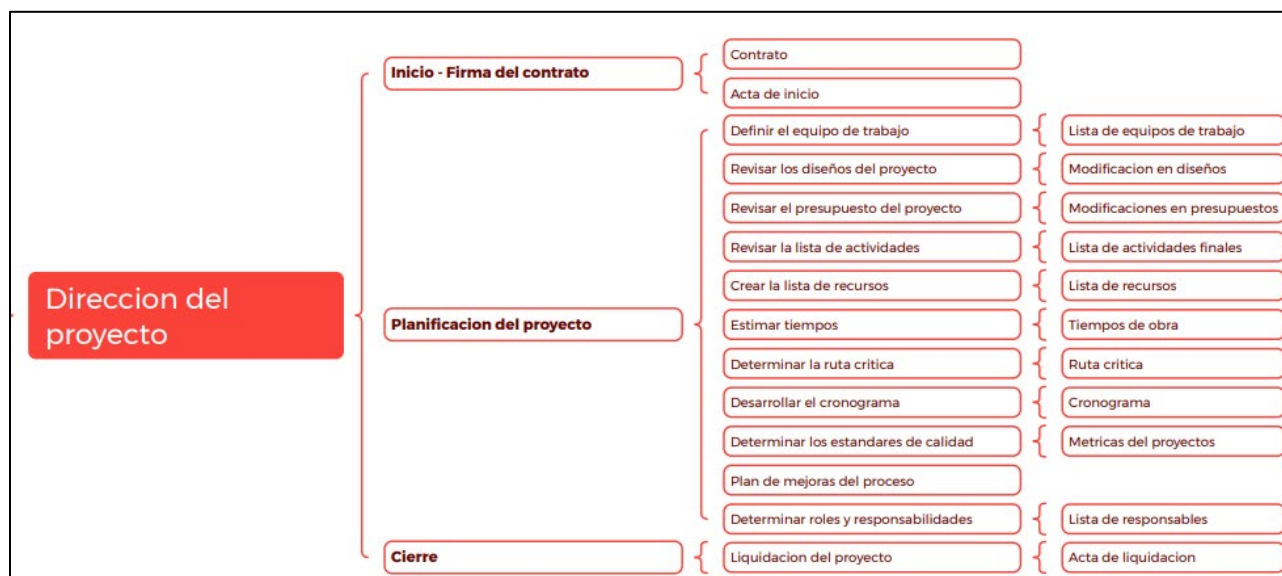


Ilustración 16. Entregable de Dirección de Proyecto dentro de la EDT del proyecto seleccionado de MOVIPETROL S.A.S

Con la experiencia de los profesionales involucrados y de la empresa MOVIPETROL S.A.S en este tipo de proyectos, se estipula que el criterio para realizar modificaciones en el mismo es cuando se presente un atraso igual o mayor al 5%, cambios los cuales deberán ser aprobados según lo discutido en el equipo de trabajo. Además, se debe implementar un PLAN DE CONTINGENCIA cuando el atraso sea igual o mayor al 10% según la línea base que se deje indicada. Esto resultado de las bases de datos y entrevistas productos de la estandarización de las herramientas y técnicas de la empresa.

Adicionalmente se designó el siguiente equipo de trabajo, teniendo en cuenta las siguientes matrices RACI:

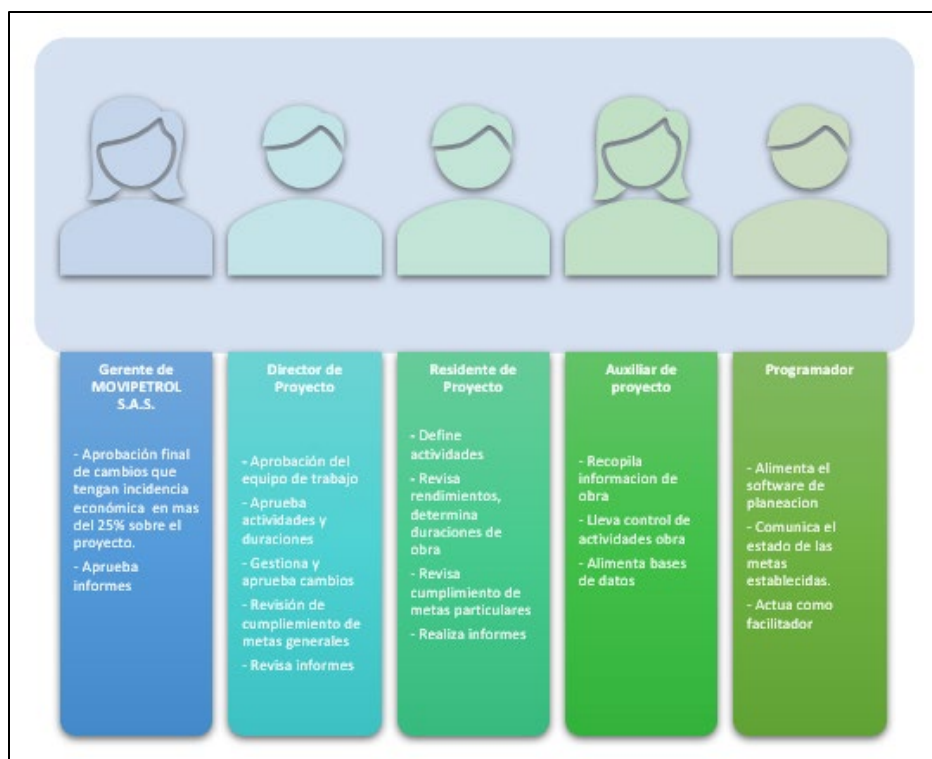


Ilustración 17. Equipo de Trabajo resultante de la Matriz RACI para la Dirección del Proyecto

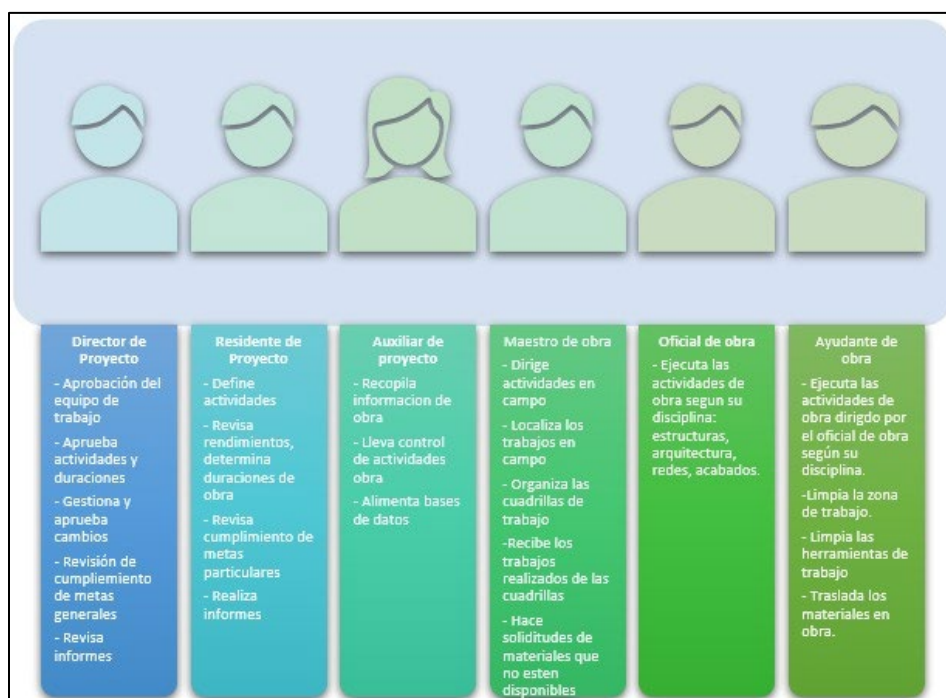


Ilustración 18. Equipo de Trabajo resultante de la Matriz RACI para la Construcción de las unidades sanitarias

Se realizaron dos distintas matrices RACI, una se define para el punto 1.1 Dirección de proyecto y la otra como el equipo de trabajo involucrado en el punto 1.2 Construcción de las unidades sanitarias, esto facilita el desempeño del trabajo según de los distintos procesos.

Finalmente, con el Ing. Carlos como Director del proyecto se indicó que se manejará un cronograma de obra por unidad sanitaria el cual se repetirá de manera mecánica en cada lugar de construcción, y conjuntamente se elaborará un cronograma de usuarios el cual contendrá la totalidad de las unidades sanitarias a ejecutar.

5.2 Definir las Actividades

El proyecto “CONSTRUCCION DE UNIDADES SANITARIAS DEL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE”, cuenta con el cierre financiero y las actividades de obra definidas según el alcance esperado. Los paquetes de trabajo encontrados en la EDT se descomponen en actividades de obra que son las actividades del cronograma y esto funciona como la base para la estimación y control del proyecto.

5.2.1 Definir las Actividades: Entradas

Como datos de entrada se tienen los paquetes de trabajo y las actividades entregables expuestas en la EDT, en este caso nos enfocamos en las actividades que componen la entrega material y física de la unidad sanitaria, ya que este es el producto terminado del proyecto.

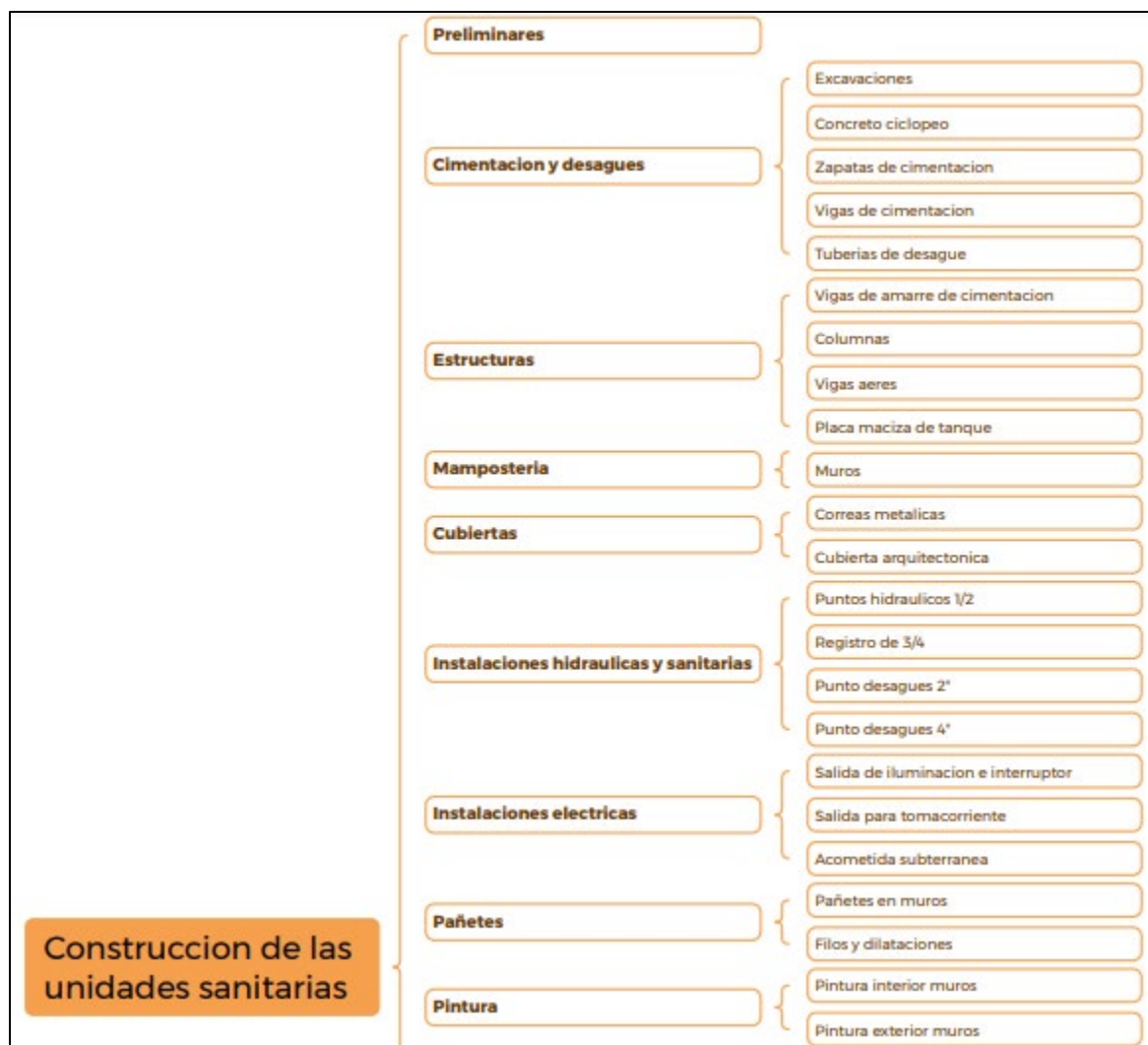


Ilustración 19. Entregable de Construcción de las Unidades Sanitarias en la EDT del proyecto seleccionado de MOVIPETROL S.A.S

Se aprecian algunas de las actividades que se definieron y que hacen parte del proceso constructivo, estas fueron estipuladas teniendo en cuenta que para ser un entregable debe poderse medir y evaluar. Cada actividad escrita en la EDT cuenta con una unidad de medida establecida y con unos parámetros de recibo descritos previamente en las especificaciones técnicas. Bajo estos criterios los profesionales pueden evaluar el entregable y las condiciones en las cuales se entrega.

5.2.2 Definir las Actividades: Herramientas y Técnicas

Con los criterios de diseño y las actividades claras, el Ing. Alejandro revisa la lista previa de actividades y teniendo en cuenta la experiencia y las lecciones aprendidas con ayuda del facilitador se aprueban las actividades por medio de reuniones virtuales. Inicialmente se hace un filtro de las actividades de la EDT, con las actividades que ya fueron realizadas.

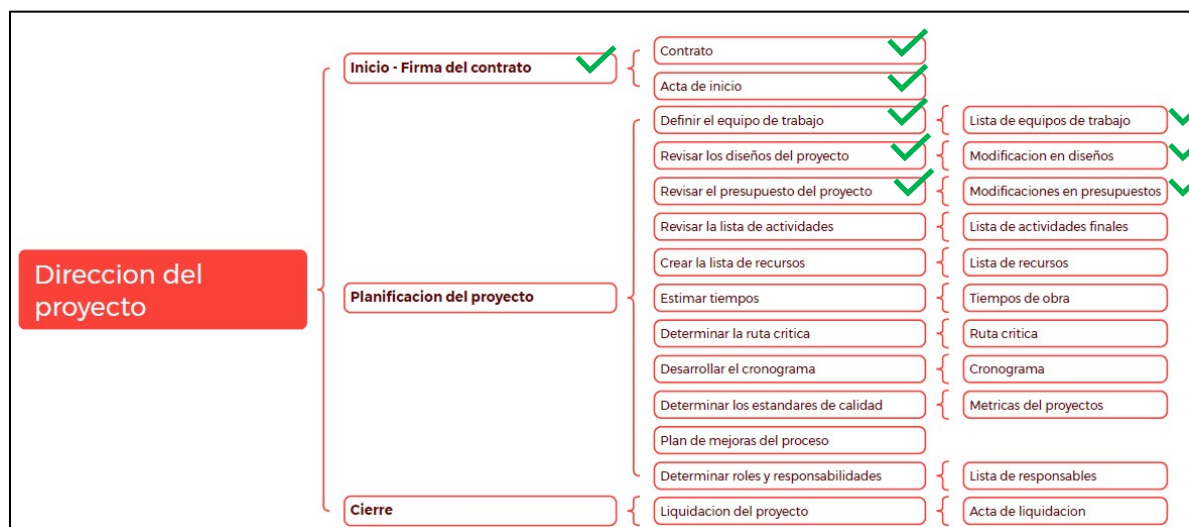


Ilustración 20. Actividades ya realizadas en el proceso Dirección del Proyecto

Cerrada la fase de inicio, se procede a continuar con la fase de Planificación del proyecto, en la que se aprecia que ya se hicieron las revisiones técnicas y que se está en la revisión de la lista de actividades. A partir de aquí inicia la discriminación de la lista de actividades para el cronograma, incluyendo también las actividades que ya se realizaron pero que hacen parte integral de la planificación.

Dentro de la revisión, el Ing. Artemio destaca que no hay dentro de la planificación del proyecto un espacio para el equipo de compras de la empresa y que es fundamental su integración en la EDT después del desarrollo del cronograma. También se incluye la actividad de definir el equipo de trabajo de obra, el cual debe estar después de la lista de recursos. La AACE implementa la Definición del código de actividad, esto sirve para unificar el lenguaje en el cual los profesionales se comunican acerca del proyecto, y permite que fácilmente por medio

del código designado las personas involucradas se logren ubicar en cualquier etapa del proyecto, según esto se establece una numeración ascendente en la EDT.

Se establecen códigos en la EDT corregida, y con esta numeración se va a llamar a cada una de las actividades para que el equipo de trabajo maneje el mismo lenguaje. Teniendo en cuenta esto se hacen las siguientes modificaciones en la etapa de planificación de proyecto:

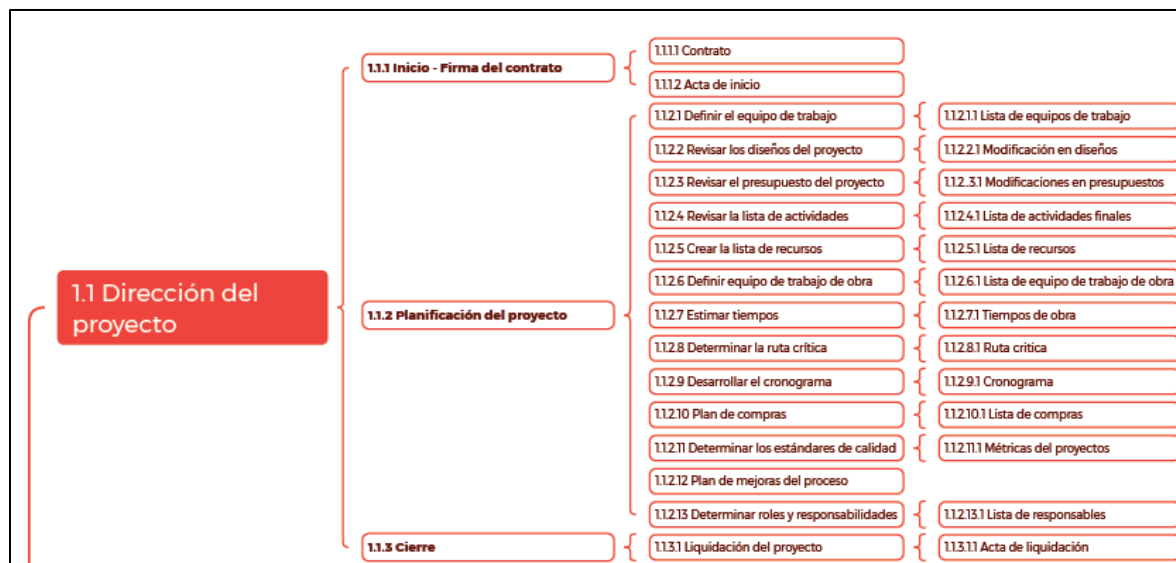


Ilustración 21. Numeración a través de códigos en la EDT al proceso de Dirección de Proyectos

Con respecto a las actividades estimadas en la ejecución de la obra, en el primer paquete de trabajo de preliminares, el equipo por consenso incluyó las siguientes actividades: Localización de usuarios, localización de la unidad sanitarias y replanteo. Esto como resultado de reuniones y criterio del equipo técnico.

5.2.3 Definir las Actividades: Salidas

Según el anterior paso, se obtuvo como resultado la lista de actividades con su respectiva codificación, se muestran las correspondientes a actividades de obra:

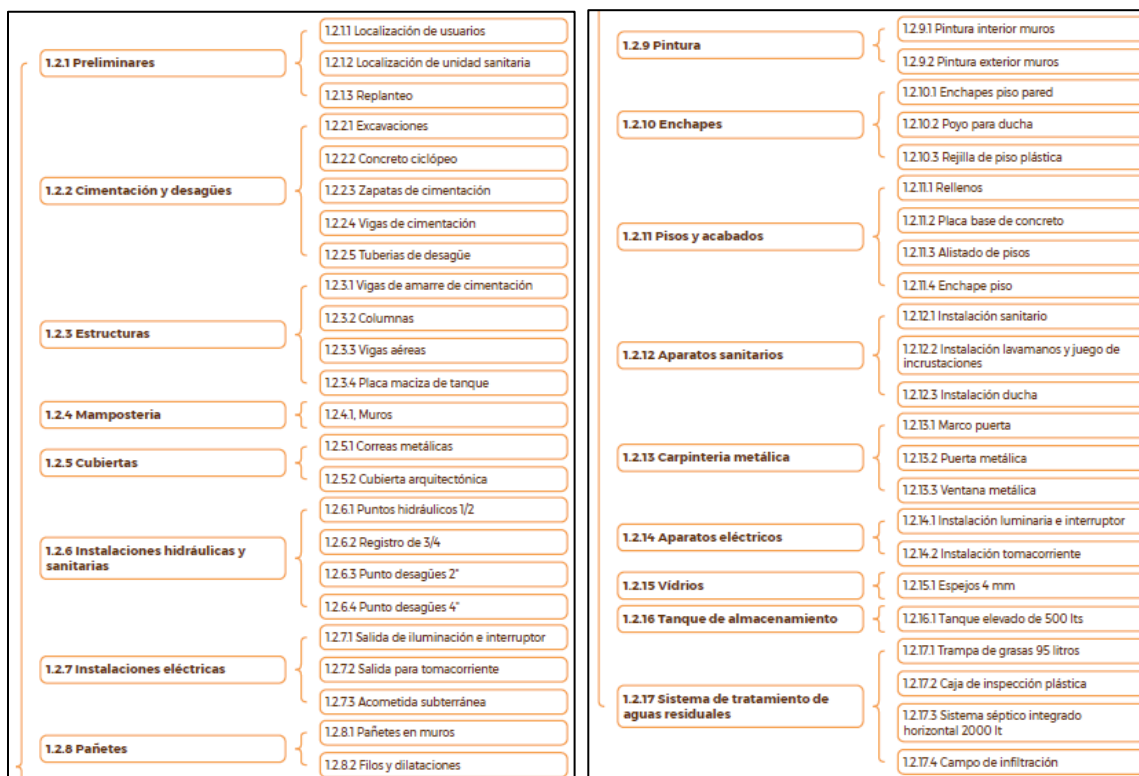


Ilustración 22. Lista de actividades dentro del proceso de Construcción de las Unidades Sanitarias en la EDT del Proyecto.

Esta lista de actividades se puede alimentar y modificar según las necesidades que el equipo de trabajo y el proyecto vayan presentando, teniendo en cuenta que la implementación del cronograma en este proyecto es repetitiva, permite la posibilidad de modificar y optimizar la lista de actividades.

Una vez se tiene la lista se procede a definir los atributos de cada actividad, esos atributos nos permiten conocer las especificaciones técnicas, las características de lugar y modo para tener claridad de los criterios de recibo de cada entregable. También los atributos permiten conocer los involucrados y responsables de cada actividad. Se usa una rubrica con los parámetros de la AACE para diligenciar todos los datos necesarios de cada entregable. Se observa el resultado con una de las actividades del capítulo de Preliminares y de Estructuras:

ATRIBUTOS DE LA ACTIVIDAD		
Proyecto: CONSTRUCCION DE UNIDADES SANITARIAS DEL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE.		Fecha: 03/06/2024
ID de actividad: 1.2.2.3	Actividad: Zapatas de cimentación	
Descripción de la actividad: Esta actividad se refiere a construcción de zapatas en concreto, con acabado liso, según localización y dimensiones expresadas en los planos Arquitectónicos y Estructurales. Para su construcción se rectificará la localización y la dimensión de las zapatas en el nivel de cimentación de la estructura para lo cual se replanteará nuevamente el cruce de los ejes correspondiente, así como su dimensión. Las formaletas para esta actividad serán, siguiendo las dimensiones, secciones y detalles señalados en los planos estructurales, cuidando que antes de cada vaciado se encuentren perfectamente limpias, engrasadas, rectas y firmemente aseguradas y tacadas. Serán revisadas y aprobadas por la Interventoría antes de cada vaciado. Esta actividad incluye el suministro y la figuración del acero correspondiente según diseños.		
Responsabilidad de la actividad: Maestro de obra	Recursos y conjuntos de habilidades requeridos: Materiales de construcción (cemento, agua, arena, triturado, acero), Equipo (tablas, vibrado de concreto), Herramienta menor, Elementos de protección personal y planos.	
Predecesores de la actividad: 1.2.2.2 Concreto ciclópeo	Programación predecesora: FIN-INICIO	Dependencia predecesora: Tener en cuenta los tiempos de curado del concreto ciclópeo para proceder con la actividad
Sucesores de la actividad: 1.2.2.4 y 1.2.2.5	Programación de sucesores: INICIO-INICIO	Dependencia sucesora: Estas actividades pueden comenzar en simultaneo
Tipo de esfuerzo: Requiere esfuerzo físico y de la disponibilidad del equipo de trabajo para llevarla a cabo.		
Ubicación de la actividad: Esta actividad se ubica según los planos de diseño.		
Supuestos de la actividad: Dificil acceso, complicaciones con el clima, materiales en campo.		
Restricciones de actividad: Esta actividad no se puede realizar si hay lluvias torrenciales. Debe estar la cuadrilla del maestro para poder llevarla a cabo.		

Tabla 6. Atributos de la actividad Zapatas de Cimentación.

ATRIBUTOS DE LA ACTIVIDAD	
Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS DEL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE.	
Fecha: 03/06/2024	
ID de actividad: 1.2.1.1	Actividad: Localización de usuario
Descripción de la actividad: Ubicar geográficamente en el Municipio de Paz de Ariporo el lugar de construcción de la unidad sanitaria, teniendo en cuenta la base de datos georreferenciada del Proyecto.	

Responsabilidad de la actividad: Auxiliar de obra	Recursos y conjuntos de habilidades requeridos: Base de datos georreferenciada, listado de números telefónicos, medio de transporte y GPS.	
Predecesores de la actividad: DESPUÉS DE LA PLANIFICACIÓN	Programación predecesora: FIN-INICIO	Dependencia predecesora: N/A
Sucesores de la actividad: 1.2.1.2 Localización de la unidad sanitaria	Programación de sucesores: FIN-INICIO	Dependencia sucesora: Se debe ubicar al Usuario, para poder ubicar la unidad sanitaria.
Tipo de esfuerzo: Depende de la vereda en la que esté ubicada el Usuario, del clima del sector y del tipo de acceso con el que se cuente en el sector.		
Ubicación de la actividad: Depende de la vereda en la que esté ubicada el Usuario, el Proyecto abarca 21 veredas, la más lejana ubicada a 40 min del casco urbano del municipio de Paz de Ariporo		
Supuestos de la actividad: Dificil acceso, complicaciones con el clima.		
Restricciones de actividad: Esta actividad solo puede llevarse a cabo si el Usuario en cuestión fue aprobado por la Interventoría, de esta verificación se encarga el Ing. Residente.		

Tabla 7. Atributos de la actividad Localización de Usuario

ATRIBUTOS DE LA ACTIVIDAD		
Proyecto: CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS DEL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE.		Fecha: 03/06/2024
ID de actividad: 1.2.17.3	Actividad: Sistema Séptico Integrado horizontal 2000 It	
Descripción de la actividad: Se define tanque séptico como las unidades de tratamiento biológico de aguas residuales domésticas provenientes de una vivienda o edificación que combina la separación y digestión de lodos, las cuales pueden ser prefabricadas en fibra de vidrio o construidas en concreto reforzado que para el caso que nos compete será en Polietileno.		
Responsabilidad de la actividad: Cuadrilla de obra del proveedor	Recursos y conjuntos de habilidades requeridos: Experiencia en la instalación del sistema, Materiales: Pozo séptico en polietileno de 2000 It con accesorios	
Predecesores de la actividad: N/A - Este sistema se puede instalar en cualquier momento de la obra	Programación predecesora: N/A	Dependencia predecesora: N/A - Las conexiones hidrosanitarias del sistema a la unidad hidrosanitaria se dejan habilitadas en un punto específico y allí el sistema se conecta.
Sucesores de la actividad: 1.2.17.4 Campo de infiltración	Programación de sucesores: FIN-INICIO y/o INICIO-INICIO	Dependencia sucesora: Para dar inicio la actividad únicamente se requiere conocer la ubicación de la predecesora. Es decir, conocer la ubicación del pozo séptico para así poder ubicar el campo de infiltración.

Tipo de esfuerzo: Se requiere esfuerzo físico para las excavaciones. La instalación es muy rápida y se puede realizar hasta en un día.
Ubicación de la actividad: Depende de la vereda en la que esté ubicada el Usuario, el Proyecto abarca 21 veredas, la más lejana ubicada a 40 min del casco urbano del municipio de Paz de Ariporo
Supuestos de la actividad: Complicaciones con las excavaciones por las recurrentes lluvias, sin embargo, lo positivo es que es una única excavación para la instalación del pozo. La excavación se debe realizar e inmediatamente se debe instalar el pozo.
Restricciones de actividad: Esta actividad solo puede llevarse a cabo una vez el Ing. Residente apruebe la ubicación del lugar de la excavación.

Tabla 8. Atributos de la actividad Sistema Séptico Integrado horizontal 2000 lt

En estas plantillas se pueden apreciar todas las características de la actividad para poder llevar a cabo el entregable, gran parte de esta información se tomó de las bases de datos y de las especificaciones técnicas del proyecto. Este formato permite contextualizar la actividad, y tener claridad de preguntas que surgen con respecto al ¿qué?, ¿cómo?, ¿cuándo y ¿dónde? de toda actividad. Esto se implementó teniendo en cuenta que la AACE RP nos plantea que para definir correctamente la actividad se debe tener en cuenta lo siguiente para el seguimiento, control y gestión del trabajo:

- Fase del trabajo: En que parte del proceso se ubica la actividad
- Estructura: Como se ejecuta
- Zona: Ubicación de la actividad
- Responsabilidad: Quien responde y ejecuta la actividad
- Turnos: En qué momento se ejecuta la actividad
- Recursos: Que se requiere para que se lleve a cabo
- Especificaciones: Detalles de nivel técnico
- Gestión del cambio: Esto aplica cuando son actividades que pueden cambiar

Todo lo anterior se registra en las plantillas de atributos, de manera que estas plantillas el equipo de profesionales las adiciona a sus bases de datos, para tener como soporte las características establecidas en cada actividad y de esta manera poder realizar la aplicación en futuras prácticas.

De igual manera también la plantilla permite mencionar las actividades relacionadas y las restricciones para secuenciar correctamente los procesos constructivos. El proceso anterior se llevó a cabo con cada una de las actividades de la lista, y como resultado también se obtuvieron la lista de hitos. Los cuales son los puntos de partida para realizar las mediciones de avance y de cumplimiento en el proyecto.

Hitos del Proyecto	
<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.1.1 Contrato
<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.1.2 Acta de inicio
<input checked="" type="checkbox"/>	1.1.2.13.1 Lista de responsables
<input checked="" type="checkbox"/>	1.3.1 Entrega a interventoria
<input checked="" type="checkbox"/>	1.3.2 Entrega a usuarios
<input checked="" type="checkbox"/>	1.4.2 Recibo final del proyecto
<input checked="" type="checkbox"/>	1.4.3 Acta de liquidación
<input checked="" type="checkbox"/>	1.4.4. Cierre financiero del proyecto
<input checked="" type="checkbox"/>	1.4.6 Cierre

Ilustración 23. Lista de hitos del proyecto

Se tuvieron en cuenta los puntos más importantes para establecer los hitos, como inicio y final de contrato. Se determino un hito el cual plantea el inicio de la obra, en este caso fue el entregable 1.1.2.13.1 Lista de responsables, teniendo en cuenta que la EDT es ascendente, en el momento en que este entregable este aprobado el equipo de trabajo estará listo para dar inicio a las actividades de obra. De aquí la importancia de establecer y socializar los hitos con los interesados.

5.3 Secuenciar las Actividades

La secuencia de actividades se realiza para establecer el orden lógico de desarrollo del proyecto, buscando relacionar todas las actividades entre sí según el orden de su ejecución, teniendo en cuenta las restricciones de cada una. Para esto se toma como base la información diligenciada en las plantillas de atributos de cada actividad.

5.3.1 Secuenciar las Actividades: Entradas

Como información de entrada de los procesos anteriores para secuenciar las actividades tenemos:

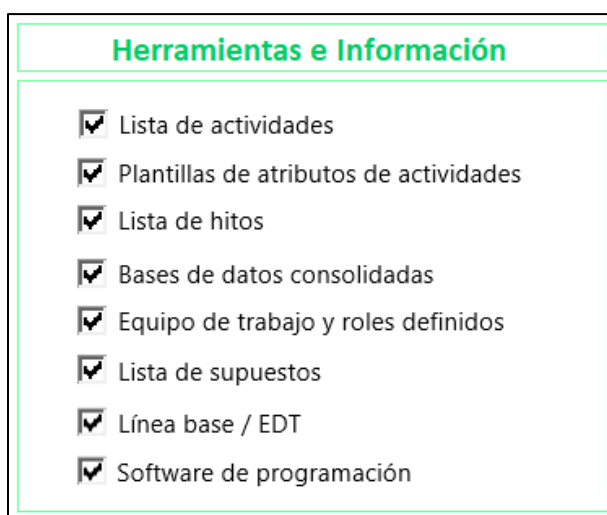


Ilustración 24. Lista de datos de entrada para el proceso de Secuenciar las Actividades.

5.3.2 Secuenciar las Actividades: Herramientas y Técnicas

Para corroborar la información que se registró en las planillas de atributos con respecto a las actividades predecesoras y sucesoras. El Arq. Brayan realizó un modelo en 3D en

Sketchup 3D para visualizar la unidad sanitaria y poder analizar el proceso constructivo.

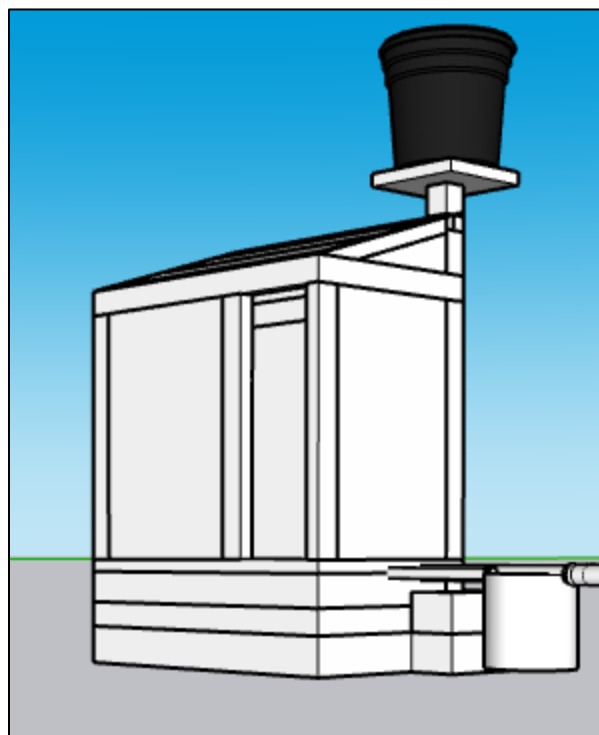


Ilustración 25. Modelo 3D de Unidad Sanitaria

A través del modelo, los ingenieros, bajo la dirección del arquitecto, pudieron visualizar la unidad sanitaria y verificar el orden de las secuencias de actividades establecidas. Por ejemplo, en la imagen se observa que la unidad sanitaria es un bloque independiente y que el sistema de tratamiento no está vinculado ni restringe la construcción de las actividades convencionales de la unidad.

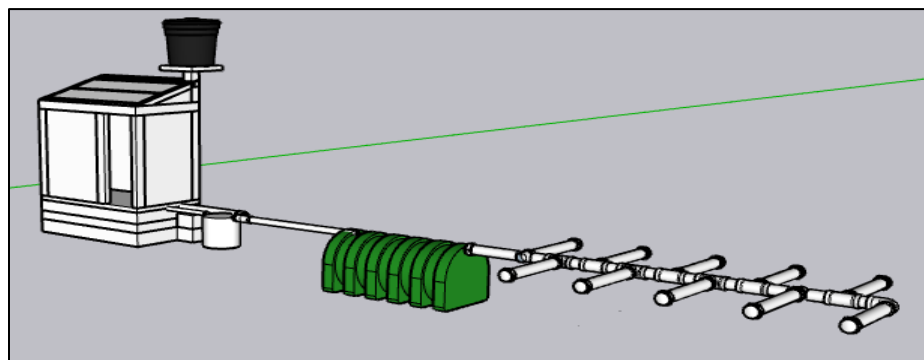


Ilustración 26. Modelo 3D del Sistema de Tratamiento

Aquí se puede ver como el sistema de tratamiento en polietileno se instala a un lado de la unidad, y que el espacio es considerable para tener dos frentes de obra independientes, lo único a tener en cuenta es que en la unidad se debe dejar el punto para conectar el sistema de tratamiento.

Además, el Arquitecto por medio de capas en el software de modelación, mostró cada una de las actividades de algunos capítulos, como lo son estructuras, mampostería, pañetes y enchapes.

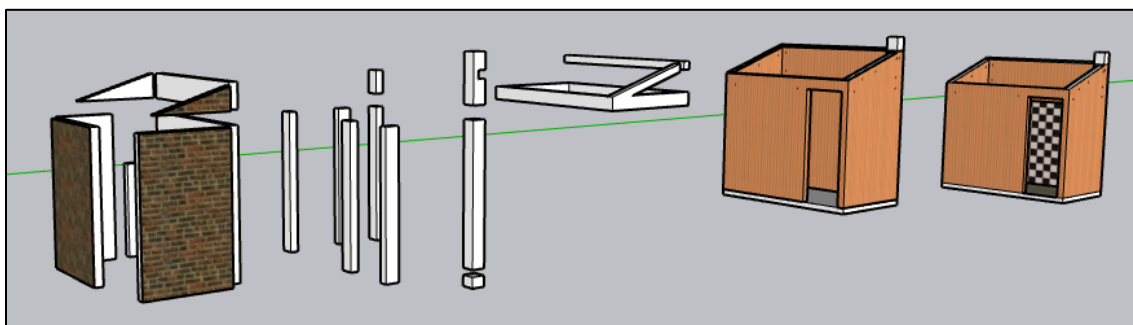


Ilustración 27. Actividades Modeladas en 3D

A través de una secuencia numérica el equipo secuenció las actividades de obra restantes con ayuda de las capas, y de esta manera hicieron correcciones en las planillas de atributos en los casos necesarios. Con la información de entrada resultante, se graficó según el método de diagramación por precedencia (PDM), este método incluye los cuatro tipos de dependencias que previamente se registraron en las planillas de atributo de las actividades, también incluyen las restricciones.

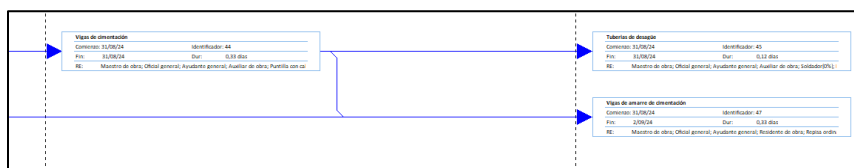


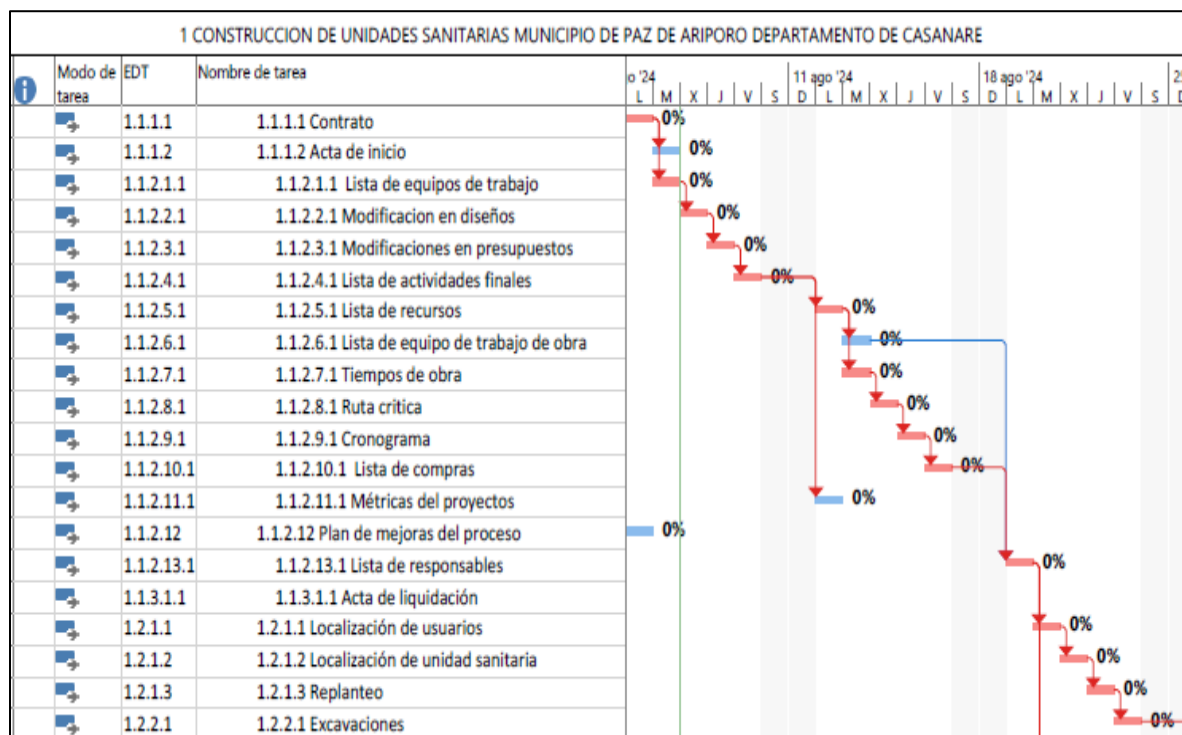
Ilustración 28. Ejemplo de Secuenciación de Actividades

Por medio de este sistema se puede apreciar gráficamente a través de nodos las relaciones que tienen las actividades. Para esto el equipo implementó el uso del software Microsoft Project para dar inicio a registrar las actividades que ya fueron definidas.

Una vez se tiene claridad de las dependencias se procede a revisar los adelantos y atrasos que pueden tener en cada una de las actividades relacionadas. Esto lo define la dirección del proyecto teniendo en cuenta la experiencia en ejecución y la secuencia lógica de construcción.

5.3.3 Secuenciar las Actividades: Salidas

Con la implementación de las dependencias establecidas en las planillas de atributos y el uso del software, se tiene el resultado de la secuencia de actividades.



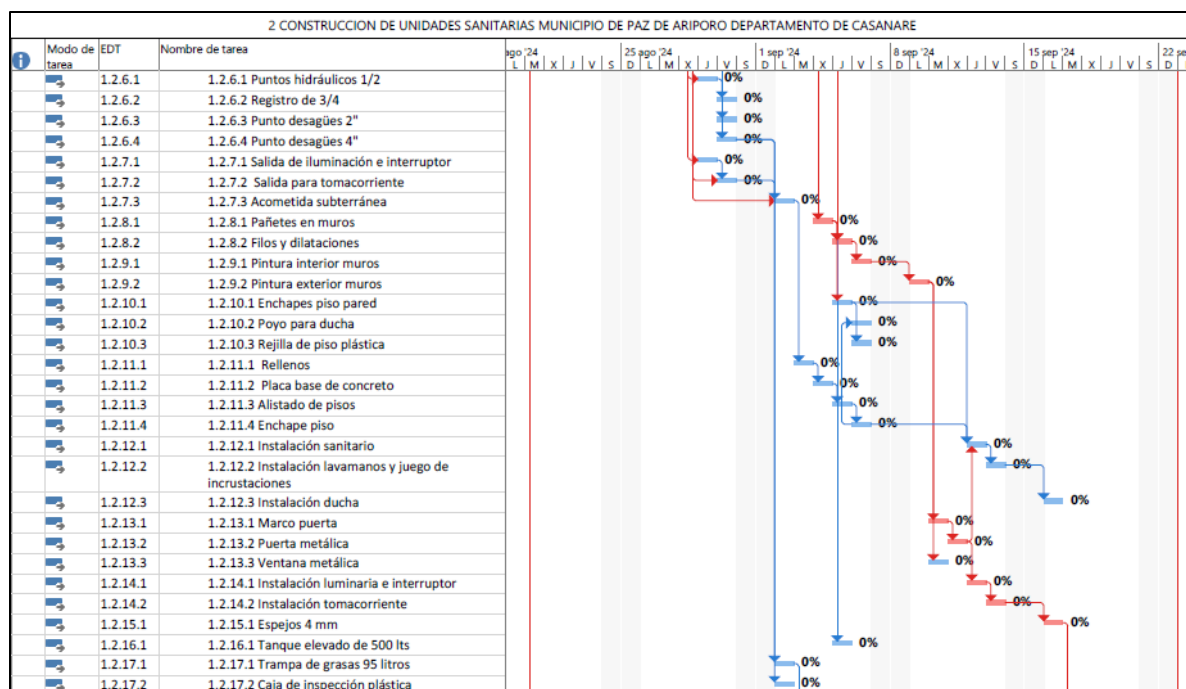


Ilustración 29. Listado de actividades con su respectiva secuenciación

Al establecer la secuencia lógica, se establecen restricciones que limitan la ejecución de algunas actividades, estas a su vez se registran para garantizar que el proceso constructivo establecido por el equipo técnico prevalezca según lo establecido en las reuniones de trabajo. Aquí se observan algunas.

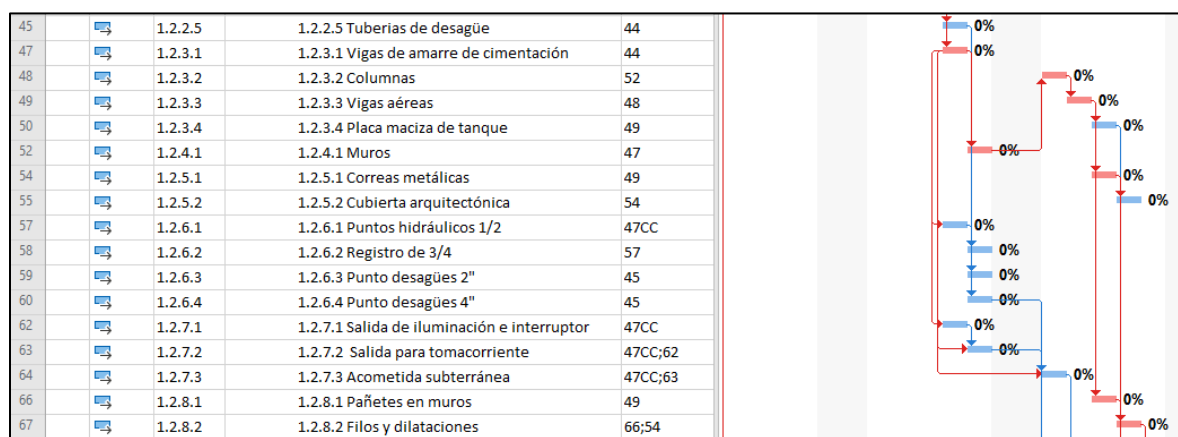


Ilustración 30. Ejemplo de relaciones entre actividades y restricciones

Se observa como la actividad 1.2.7.2 Salida para tomacorriente tiene una actividad predecesora y una restricción. Con la codificación 47CC;62 se está manifestando que esta

actividad puede dar inicio cuando la actividad 1.2.3.1 Vigas de amarre de cimentación comience, es decir la relación que hay entre ellas es de COMIENZO-COMIENZO, sin embargo, este no es el único requisito, ya que para dar inicio la actividad 1.2.7.1 debe haber finalizado, pues la cuadrilla encargada de este trabajo es la misma.

5.4 Estimar la Duración de las Actividades

Ya se tiene planteadas las relaciones entre las actividades y las restricciones en las mismas, por lo que se procede a estimar la duración de cada actividad como entregable de trabajo.

5.4.1 Estimar la Duración de las Actividades: Entradas

Información de entrada	
<input checked="" type="checkbox"/>	Lista de actividades
<input checked="" type="checkbox"/>	Plantillas de atributos de actividades
<input checked="" type="checkbox"/>	Lista de hitos
<input checked="" type="checkbox"/>	Bases de datos consolidadas
<input type="checkbox"/>	Técnicas de estimación
<input checked="" type="checkbox"/>	Lista de supuestos
<input checked="" type="checkbox"/>	Línea base / EDT
<input checked="" type="checkbox"/>	Software de programación
<input type="checkbox"/>	Calendario del proyecto

Ilustración 31. Lista de datos de entrada para el proceso de Estimar la Duración de las Actividades.

Se toman como parámetro inicial, la información de entrada que establece el PMBOK para estimar la duración de las actividades. Con la revisión, se pudo concluir que la empresa no tenía establecidas técnicas de estimación para la duración de las actividades, tenían como experiencia utilizarlas para estimación de costos, pero no de duraciones. MOVIPETROL S.A.S siempre ha estimado las duraciones de sus actividades por medio de experiencias en proyectos realizados, pero no han estandarizado esta información para su fácil acceso.

El equipo de trabajo tampoco cuenta con un calendario para el proyecto, este calendario es específico para cada obra, para establecerlo se deben tener en cuenta las restricciones de tiempo, lo que incluye los tiempos de entrega, el personal disponible, los horarios permitidos de trabajo y los supuestos, estos tienen en cuenta las condiciones climáticas y de acceso de los lugares de ejecución.

Es necesario que el equipo defina sus técnicas de estimación y su calendario de proyecto. Se revisa las opciones y según la información se concluye que la técnica de estimación análoga y paramétrica se acoplan de manera perfecta al tipo de proyecto y a la experiencia de los profesionales.

Por otra parte, para el calendario del proyecto, se toma en cuenta el plazo total del proyecto el cual es de 9 meses, y se calcula según esto el número de unidades sanitarias a entregar por mes. Esto da un parámetro de tiempo de construcción por unidad sanitaria. Además, se revisan las condiciones climáticas del municipio de Paz de Ariporo, ya que en la lista de supuestos se registraron constantes lluvias. Se confirma esta información en las fuentes oficiales del municipio en donde afirman que el invierno de la zona dura 8 meses de los 12 meses del año, esto genera alerta en el equipo de trabajo, pues el invierno dificulta el transporte de material en las distintas veredas.

Según la información revisada, se estipula un calendario de proyecto inicial en el que se trabaja de lunes a sábado en horarios de 7:00 am – 12:00 pm y 1:00 pm – 5:00 pm. Con este calendario el equipo de trabajo modifica la lista de supuestos y agrega los factores que pueden afectar el proyecto con horarios de trabajo tan intensos.

Finalmente se tiene toda la información de entrada para definir las duraciones del proyecto.

5.4.2 Estimar la Duración de las Actividades: Herramientas y Técnicas

Se estandarizan los datos de entrada y se consolidan las siguientes herramientas

Herramientas y Técnicas disponibles	
<input checked="" type="checkbox"/>	Técnicas de estimación
<input checked="" type="checkbox"/>	Análoga
<input checked="" type="checkbox"/>	Paramétrica
<input checked="" type="checkbox"/>	Rúbricas de registro
<input checked="" type="checkbox"/>	Recopilación de datos
<input checked="" type="checkbox"/>	Bases de datos consolidadas
<input checked="" type="checkbox"/>	Entrevistas
<input checked="" type="checkbox"/>	Grupos focales de trabajo
<input checked="" type="checkbox"/>	Habilidades del equipo de trabajo
<input checked="" type="checkbox"/>	Gestión de conflictos
<input checked="" type="checkbox"/>	Gestión de reuniones
<input checked="" type="checkbox"/>	Facilitador
<input checked="" type="checkbox"/>	Calendario del proyecto

Ilustración 32. Lista de Herramientas y Técnicas para la Estimación de Actividades.

Con las rubricas de registro y las bases de datos consolidadas, el equipo de trabajo se reúne y determina la técnica de estimación según el tipo de actividad y sus atributos. Por ejemplo, para la actividad 1.2.4.1 Muros, se determina la técnica paramétrica ya que las bases de datos de la empresa tienen información de rendimientos para instalación de mampostería por unidad de medida de metros cuadrados, y se tiene como resultado lo que se ve a continuación:

Base de datos MOVIPETROL S.A.S.	
Descripción de actividad	Rendimiento cuadrilla AA
Mampotería en bloque No. 5 arcilla	15 m2/día
Cantidades actividad	
Mampotería en bloque No. 5 arcilla	12,48 m2
Resultado estimación Paramétrica	
Mampotería en bloque No. 5 arcilla	0,832 día

Ilustración 33. Estimación Paramétrica para la Actividad de Muros

El mismo ejercicio se realizó con actividades como pintura, pañetes, cubierta arquitectónica, enchapes, etc. Todas estas estimaciones teniendo en cuenta los rendimientos de las bases de datos de los profesionales en proyectos similares.

Para los entregables del apartado 1.1 Dirección del proyecto se usó la técnica de estimación Análoga, se tuvo en cuenta la experiencia del equipo de trabajo. Adicionalmente desde que los profesionales comenzaron a tener las reuniones para la gestión del cronograma, estas mismas se diligenciaban en actas en las que se dejaba el registro de las duraciones de los comités. Esto permitió tener información para este tipo de actividades.

Para el capítulo 1.2.17 Sistema de tratamiento de aguas residuales, el equipo decide que los trabajos de instalación de este, los realizaran el grupo especializado que provee el sistema de tratamiento. Por lo tanto, para esta estimación se tuvo en cuenta la duración que el proveedor estableció en sus fichas técnicas.

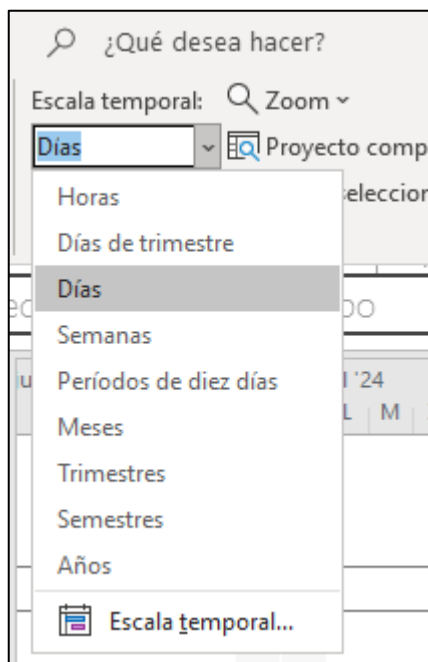


Ilustración 34. Muestra de la Escala Temporal en el Software Microsoft Project

Al finalizar la estimación se tuvo como resultado duraciones de días, pero también duraciones que no completaban días si no que únicamente duraban algunas horas. Por ejemplo, la actividad 1.2.15.1 Espejos 4 mm, involucra únicamente la instalación del espejo en la unidad sanitaria, esto no tiene una duración mayor a 15 min, teniendo en cuenta que el espejo se le entrega a la cuadrilla de trabajo listo para su instalación. Esto fue relevante ya que el software de programación requiere una escala de tiempo para llevar los tiempos del proyecto, como se ve aprecia en la imagen.

Se contemplan las opciones de manejar una escala en horas, pero el equipo de trabajo concluye que es más complicado llevar el cronograma de esta manera, por lo tanto, se define que las duraciones de menos de un día se estipularan con métricas de fracciones de día, como 0.1 día - 0.125 día – 0.25 día – 0.5 día y 0.75 día, para esto también se deben ajustar las predecesoras y las restricciones para no afectar la duración total de construcción de la unidad sanitaria.

El equipo de trabajo manifiesta que se debe incluir en el cronograma lo tiempos de entrega y transporte de los materiales. Los profesionales dentro de su logística y lecciones aprendidas definen que para este tipo de proyectos se hace entrega de todos los materiales necesarios en un único viaje, y el mismo se guarda con el usuario correspondiente de la unidad sanitaria. De lo anterior surge la necesidad de agregar la duración de entrega de esos materiales, teniendo en cuenta que la vereda más lejana se encuentra a 40 min del casco urbano del municipio y que allí se hace la distribución en los vehículos correspondientes de los materiales necesarios, se concluye que estos tiempos de entrega se incluirán en la actividad 1.2.1.2 Localización de unidad sanitaria, pues esta actividad se realiza después de tener el primer contacto con el usuario y el sitio de ejecución, lo que permite que se pueda organizar la logística de entrega de los materiales.

5.4.3 Estimar la Duración de las Actividades: Salidas

Obtenidas las duraciones de cada actividad en tiempo, se revisa si esa estimación requiere establecer rango de resultados posibles. Esto se tiene en cuenta para reducir las suposiciones en el cronograma. Cuando se realiza esto, se tienen como resultado todas las duraciones del proyecto y su aproximación.

A continuación, se pueden ver las duraciones de las actividades de obra del proyecto:

Actividad	Estimación	Aproximación
12.1.1 Localización de usuarios	0,3 día	0,5 día
12.1.2 Localización de unidad sanitaria	2 día	2 día
12.1.3 Replanteo	0,1 día	0,1 día
12.2.1 Excavaciones	0,14 día	0,25 día
12.2.2 Concreto ciclópeo	0,125 día	0,125 día
12.2.3 Zapatas de cimentación	0,58 día	0,75 día
12.2.4 Vigas de cimentación	0,5 día	0,5 día
12.2.5 Tuberías de desagüe	0,125 día	0,125 día
12.3.1 Vigas de amarre de cimentación	0,5 día	0,5 día
12.3.2 Columnas	1 día	1 día
12.3.3 Vigas aéreas	1 día	1 día
12.3.4 Placa maciza de tanque	1 día	1 día
12.4.1, Muros	0,83 día	1 día
12.5.1 Correas metálicas	0,25 día	0,25 día
12.5.2 Cubierta arquitectónica	0,29 día	0,5 día
12.6.1 Puntos hidráulicos 1/2	0,128 día	0,25 día
12.6.2 Registro de 3/4	0,104 día	0,125 día
12.6.3 Punto desagües 2"	0,19 día	0,25 día
12.6.4 Punto desagües 4"	0,21 día	0,25 día
12.7.1 Salida de iluminación e interruptor	0,125 día	0,125 día
12.7.2 Salida para tomacorriente	0,125 día	0,125 día
12.7.3 Acometida subterránea	0,21 día	0,25 día
12.8.1 Pañetes en muros	1,07 día	1,25 día
12.8.2 Filos y dilataciones	0,25 día	0,25 día
12.9.1 Pintura interior muros	0,297 día	0,5 día
12.9.2 Pintura exterior muros	0,297 día	0,5 día
12.10.1 Enchapes piso pared	0,466 día	0,5 día

1.2.10.2 Poyo para ducha	0,1 día	0,1 día
1.2.10.3 Rejilla de piso plástica	0,1 día	0,1 día
1.2.11.1 Rellenos	0,125 día	0,125 día
1.2.11.2 Placa base de concreto	0,11 día	0,125 día
1.2.11.3 Alistado de pisos	0,125 día	0,125 día
1.2.11.4 Enchape piso	0,194 día	0,25 día
1.2.12.1 Instalación sanitario	0,31 día	0,5 día
1.2.12.2 Instalación lavamanos y juego de incrustaciones	0,27 día	0,5 día
1.2.12.3 Instalación ducha	0,1 día	0,1 día
1.2.13.1 Marco puerta	0,34 día	0,5 día
1.2.13.2 Puerta metálica	0,16 día	0,25 día
1.2.13.3 Ventana metálica	0,25 día	0,25 día
1.2.14.1 Instalación luminaria e interruptor	0,1 día	0,1 día
1.2.14.2 Instalación tomacorriente	0,1 día	0,1 día
1.2.15.1 Espejos 4 mm	0,1 día	0,1 día
1.2.16.1 Tanque elevado de 500 lts	0,125 día	0,125 día
1.2.17.1 Trampa de grasas 95 litros	0,5 día	0,5 día
1.2.17.2 Caja de inspección plástica	0,5 día	0,5 día
1.2.17.3 Sistema séptico integrado horizontal 2000 lt	1 día	1 día
1.2.17.4 Campo de infiltración	0,5 día	0,5 día

Ilustración 35. Lista de Actividades con su aproximación de duración

Finalmente, por capítulos de obra tendríamos las siguientes duraciones totales para la construcción de la unidad sanitaria:

	Estimacion
1.2.1 Preliminares	1,6 día
1.2.2 Cimentación y desagües	1,5 día
1.2.3 Estructuras	3,5 día
1.2.4 Mampostería	1 día
1.2.5 Cubiertas	0,75 día
1.2.6 Instalaciones hidráulicas y sanitarias	0,875 día
1.2.7 Instalaciones eléctricas	0,5 día
1.2.8 Pañetes	1,5 día
1.2.9 Pintura	1 día
1.2.10 Enchapes	0,7 día
1.2.11 Pisos y acabados	0,625 día
1.2.12 Aparatos sanitarios	1,1 día
1.2.13 Carpintería metálica	1 día
1.2.14 Aparatos eléctricos	0,2 día
1.2.15 Vidrios	0,1 día
1.2.16 Tanque de almacenamiento	0,125 día
1.2.17 Sistema de tratamiento de aguas residuales	2 día

1.2. Construcción de las unidades sanitarias

Ilustración 36. Proceso de Construcción de las Unidades Sanitarias con las duraciones de sus actividades.

Lo anterior nos da como resultado una duración total de 18,075 día por unidad sanitaria, esta duración está por encima del rango que el equipo de trabajo había establecido el cual era de 15 días máximo por unidad sanitaria, teniendo como factor de riesgo principal las recurrentes lluvias. Sin embargo, este cálculo inicial no tiene en cuenta la secuencia de actividades, esto se re calcula en el software de programación.

5.5 Desarrollar el Cronograma

Para desarrollar el cronograma se debe llevar toda la información recopilada al software de programación, en este caso el equipo de trabajo de MOVIPETROL S.A.S, inicio la

alimentación del software desde la secuencia de las actividades para tener mayor claridad del proceso constructivo.

5.5.1 *Desarrollar el Cronograma: Entradas*

Como información de entrada se tiene lo siguiente:

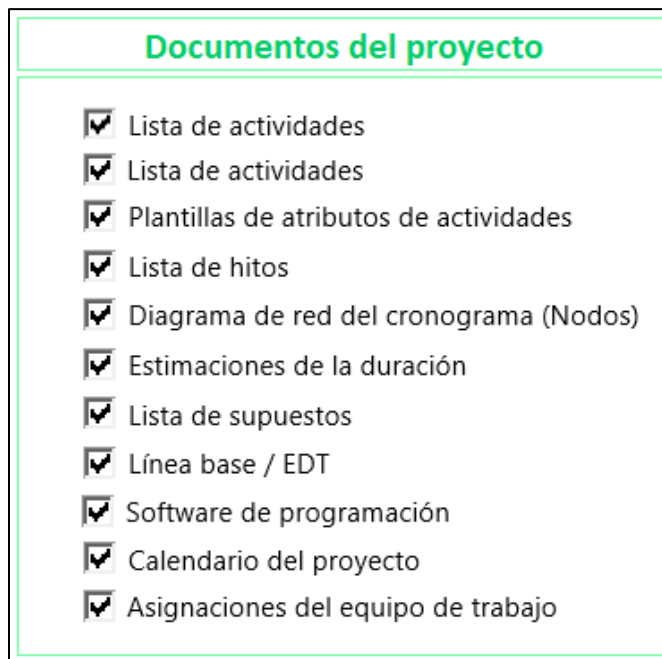


Ilustración 37. Documentos de entrada para desarrollar el cronograma

Con toda esta información se complementa la base que se tenía hasta el momento en el software.

5.5.2 *Desarrollar el Cronograma: Herramientas y Técnicas*

Una vez se ingresan las estimaciones de duración al Microsoft Project, el software genera la ruta crítica del proyecto. Primeramente, se revisa la secuencia lógica y se hace el análisis de la red del cronograma, esto para determinar si la ruta crítica presenta actividades de alto riesgo las cuales se puedan mitigar para reducir el riesgo en la ruta crítica. Cuando se ingresan las estimaciones al software se tienen las siguientes duraciones totales por capítulo:

Se aprecia que la duración de construcción de la unidad sanitaria, teniendo en cuenta las secuencias de las actividades y las restricciones fue de 10,83 días. Esta duración es aprobada por el equipo de trabajo inicialmente, pues el rango máximo de plazo que se estableció fue de 15 días.

1.2	▣ Construcción de las unidades sanitarias	10,83 días
1.2.1	▷ Preliminares	2,6 días
1.2.2	▷ Cimentación y desagües	1,13 días
1.2.3	▷ Estructuras	4,5 días
1.2.4	▷ Mampostería	1 día
1.2.5	▷ Cubiertas	0,75 días
1.2.6	▷ Instalaciones hidráulicas y sanitarias	0,88 días
1.2.7	▷ Instalaciones eléctricas	0,51 días
1.2.8	▷ Pañetes	1,5 días
1.2.9	▷ Pintura	1 día
1.2.10	▷ Enchapes	4,45 días
1.2.11	▷ Pisos y acabados	0,64 días
1.2.12	▷ Aparatos sanitarios	1,1 días
1.2.13	▷ Carpintería metálica	0,75 días
1.2.14	▷ Aparatos eléctricos	0,2 días
1.2.15	▷ Vidrios	0,1 días
1.2.16	▷ Tanque de almacenamiento	0,13 días
1.2.17	▷ Sistema de tratamiento de aguas residuales	2 días

Ilustración 38. Duración de la Construcción de la Unidad Sanitaria preliminar

▣ Construcción de las unidades sanitarias	11,58 días
▷ Preliminares	3,1 días
▷ Cimentación y desagües	1,13 días
▷ Estructuras	4 días
▷ Mampostería	1 día
▷ Cubiertas	0,75 días
▷ Instalaciones hidráulicas y sanitarias	0,5 días
▷ Instalaciones eléctricas	0,51 días
▷ Pañetes	1,5 días
▷ Pintura	1 día
▷ Enchapes	3,83 días
▷ Pisos y acabados	0,76 días
▷ Aparatos sanitarios	1,1 días
▷ Carpintería metálica	0,75 días
▷ Aparatos eléctricos	0,2 días
▷ Vidrios	0,1 días
▷ Tanque de almacenamiento	0,13 días
▷ Sistema de tratamiento de aguas residuales	2 días

Se revisan nuevamente las secuencias de las actividades y los fines de semana que se cruzan con algunas actividades importantes que no pueden tener días no laborales intermedios, y según eso se realizan algunas modificaciones en los capítulos de estructuras, obteniendo como resultado una duración de 11,58 días para la construcción de la unidad sanitaria.

Ilustración 39. Duración de la Construcción de la Unidad Sanitaria modificada

Una vez lista esta parte, se asignan los recursos de trabajo a cada actividad, en este caso, el personal involucrado en las actividades. Al hacer esto se tiene como resultado una sobrecarga de trabajo en algunas actividades:

	Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de material	Inicia	Grupo	Capacit máxima	Tasa estándar	Tasa horas extra	Costo/Usd	Acumu	Calendario base
1	Gerente MOVIPETROL SAS	Trabajo		G	DIRECCION DEL PROYECTO	100%	\$ 22.222,22/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Fin	Estándar
2	Director de obra	Trabajo		Dir	CONSTRUCCION	100%	\$ 14.814,81/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Estándar
3	Residente de obra	Trabajo		Res	CONSTRUCCION	100%	\$ 11.111,11/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
4	Auxiliar de obra	Trabajo		Aux	CONSTRUCCION	100%	\$ 7.407,41/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
5	Programador de obra	Trabajo		Pro	DIRECCION DEL PROYECTO	100%	\$ 7.407,41/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
6	Maestro de obra	Trabajo		Mae	CONSTRUCCION	100%	\$ 10.000,00/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
7	Oficial general	Trabajo		Of gen	CONSTRUCCION	100%	\$ 8.148,15/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
8	Oficial electrico	Trabajo		Of ele	CONSTRUCCION	100%	\$ 8.148,15/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
9	Soldador	Trabajo		Sold	CONSTRUCCION	100%	\$ 8.148,15/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
10	Enchador	Trabajo		Ench	CONSTRUCCION	100%	\$ 8.148,15/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
11	Cuadrilla proveedor	Trabajo		Cua pro	CONSTRUCCION	100%	\$ 0,00/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
12	Ayudante general	Trabajo		Ay gen	CONSTRUCCION	100%	\$ 7.407,41/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
13	Ayudante electrico	Trabajo		Ay ele	CONSTRUCCION	100%	\$ 7.407,41/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
14	Ayudante soldador	Trabajo		Ay sol	CONSTRUCCION	100%	\$ 7.407,41/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo

Ilustración 40. Sobreasignación de Recursos de Trabajo en Distintas Actividades

Inicialmente se planteó únicamente una cuadrilla por actividad, ya que la programación se está realizando para solo una unidad sanitaria, por eso en cada recurso se tiene una capacidad máxima de 100%. Sin embargo, como se observa hay varios recursos que están sobredimensionados, el equipo conjuntamente con el programador se devuelve a revisar las horas de trabajo involucradas para determinar si se modifican estas o si se incrementa el recurso de trabajo. Inicialmente se incrementan los ayudantes de obra y se ajusta la cuadrilla de trabajo del sistema de tratamiento de aguas residuales, la cual consta de 4 personas.

	Nombre del recurso	Tipo	Etiqueta de material	Inicia	Grupo	Capacit máxima	Tasa estándar	Tasa horas extra	Costo/Usd	Acumu	Calendario base
1	Gerente MOVIPETROL SAS	Trabajo		G	DIRECCION DEL PROYECTO	100%	\$ 22.222,22/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Fin	Estándar
2	Director de obra	Trabajo		Dir	CONSTRUCCION	100%	\$ 14.814,81/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Estándar
3	Residente de obra	Trabajo		Res	CONSTRUCCION	100%	\$ 11.111,11/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
4	Auxiliar de obra	Trabajo		Aux	CONSTRUCCION	100%	\$ 7.407,41/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
5	Programador de obra	Trabajo		Pro	DIRECCION DEL PROYECTO	100%	\$ 7.407,41/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
6	Maestro de obra	Trabajo		Mae	CONSTRUCCION	100%	\$ 10.000,00/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
7	Oficial general	Trabajo		Of gen	CONSTRUCCION	100%	\$ 8.148,15/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
8	Oficial electrico	Trabajo		Of ele	CONSTRUCCION	100%	\$ 8.148,15/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
9	Soldador	Trabajo		Sold	CONSTRUCCION	100%	\$ 8.148,15/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
10	Enchador	Trabajo		Ench	CONSTRUCCION	100%	\$ 8.148,15/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
11	Cuadrilla proveedor	Trabajo		Cua pro	CONSTRUCCION	400%	\$ 0,00/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
12	Ayudante general	Trabajo		Ay gen	CONSTRUCCION	300%	\$ 7.407,41/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
13	Ayudante electrico	Trabajo		Ay ele	CONSTRUCCION	100%	\$ 7.407,41/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo
14	Ayudante soldador	Trabajo		Ay sol	CONSTRUCCION	100%	\$ 7.407,41/hora	\$ 0,00/hora	\$ 0,00	Prorrateo	Calendario Ariporo

Ilustración 41. Aumento de Recursos Dentro de las Cuadrillas

Los demás roles se dejan con esa capacidad, se hace una revisión de las actividades y se aprecia que hay muchas actividades en simultaneo, por lo tanto, se procede hacer una nivelación de recursos para minimizar la sobreestimación, teniendo aun un margen importante dentro del plazo máximo de ejecución de la unidad sanitaria.

En la hoja de recursos y uso de recursos, se realiza una revisión de las horas hombres involucradas en cada actividad, se ajustan las horas de dedicación del Gerente y del director de Obra y se corrige la sobreestimación, el mismo ejercicio se hace con el Auxiliar de obra, y se eliminan esa carga de trabajo en el cronograma. Con respecto a el Residente, Maestro y Oficial, se ajustan las actividades respetando los horarios laborales de cada cargo, teniendo en cuenta que el calendario de estos recursos es el mismo del calendario de trabajo del proyecto que corresponde a 9 horas de trabajo diarias de lunes a sábado. Es importante destacar que hay algunos involucrados que por requisitos de supervisión están en muchas actividades, sin embargo, esta supervisión permite realizar otras tareas en paralelo, es por esto que el software calculo esto como una sobreestimación. Se obtiene el siguiente resultado:

Nombre del recurso	Trabajo	Detalles	26 ago '24							2 sep '24					
			D	L	M	X	J	V	S	D	L	M	X	J	
Gerente MOVIPETROL SAS	80 horas	Trabajo													3h
Director de obra	187,3 horas	Trabajo												2h	7,23h
Residente de obra	206,54 horas	Trabajo		8,89h	6,25h	7,3h	9h	9h	8,71h		6,29h	3,95h	3,85h		8,45h
Auxiliar de obra	99,62 horas	Trabajo		0,8h		3,81h	9h	9h	8,95h		4,04h	2,15h	5,85h		9h
Programador de obra	0 horas	Trabajo													
Maestro de obra	65,02 horas	Trabajo		8,99h	8,5h	5,6h	6h	9h	7h		6,04h	3,95h	2,85h		0,95h
Oficial general	145,99 horas	Trabajo		16,02h	9h	9h	17h	14,85h	17,7h		17,19h	12,8h	11,55h		3,95h
Oficial electrico	4,08 horas	Trabajo		0,23h											
Soldador	6 horas	Trabajo								2,85h		3,15h			
Enchapador	5,6 horas	Trabajo		0,8h							2,85h	1,95h			
Cuadrilla proveedor	20 horas	Trabajo		8,19h	9h	1,19h									
Ayudante general	154,84 horas	Trabajo		16,02h	9h	9h	17h	14,85h	20,85h		21,19h	12,8h	10,75h		3,95h
Ayudante electrico	4,08 horas	Trabajo		0,23h											
Ayudante soldador	6 horas	Trabajo								2,85h		3,15h			

Ilustración 42. Hoja de Uso de Recursos del Proyecto en Microsoft Project

Aquí se aprecian algunos de los recursos de trabajo involucrados en algunas actividades:

Modo de	EDT	Nombre de tarea	Predecesora	Nombres de los recursos
	1.1	▾ Dirección del proyecto		
	1.1.1	▾ Inicio - Firma del contrato		
	1.1.1.1	Firma de contrato		Gerente MOVIPETROL SAS
	1.1.1.2	Acta de inicio	4FC+44,44 día	Gerente MOVIPETROL SAS
	1.1.2	▾ Planificación del proyecto		
	1.1.2.1	▾ Definir el equipo de trabajo		
	1.1.2.1.1	Lista de equipos de trabajo	4	Gerente MOVIPETROL SAS;Director de obra
	1.1.2.2	▾ Revisar los diseños del proyecto		
	1.1.2.2.1	Modificación en diseños	8	Director de obra[10%];Residente de obra
	1.1.2.3	▾ Revisar el presupuesto del proyecto		
	1.1.2.3.1	Modificaciones en presupuestos	10	Director de obra[50%]
	1.1.2.4	▾ Revisar la lista de actividades		
	1.1.2.4.1	Lista de actividades finales	12	Residente de obra
	1.1.2.5	▾ Crear la lista de recursos		
	1.1.2.5.1	Lista de recursos	14	Director de obra
	1.1.2.6	▾ Definir equipo de trabajo de obra		

Ilustración 43. Lista de Actividades del Proyecto con sus Recursos Asignados.

Se diligencian también los recursos materiales de las actividades de obra, en este caso se aprecia la actividad de Muros, la cual ya está con sus respectivos recursos de personal involucrados y los materiales necesarios para el entregable.

Id	Nombre del recurso	Unidades	Trabajo	Id	Nombre de la predecesora	Tipo	Retardo
6	Maestro de obra	25%	6,75h	47	Vigas de amarre de cimentación	FC	0d
7	Oficial general	100%	8h				
12	Ayudante general	100%	8h				
15	Bloque mampostería bloque No. 5	15 und	15 und				
16	Mortero 1:4 Desp 5%	0,14 m3	0,14 m3				
19	Pulidora	0,01 hh	0,01 hh				
17	Tablon madera	1,8 hh	1,8 hh				
18	Andamio	0,9 hh	0,9 hh				

Ilustración 44. Ejemplo de Asignación de Recursos de todo tipo en la Actividad de Muros

En este panel del software podemos ver las unidades necesarias para la actividad y el número de profesionales. Esta actividad ya tendría todos los recursos asociados para poder llevar el control dentro del cronograma.

5.5.3 Desarrollar el Cronograma: Salidas

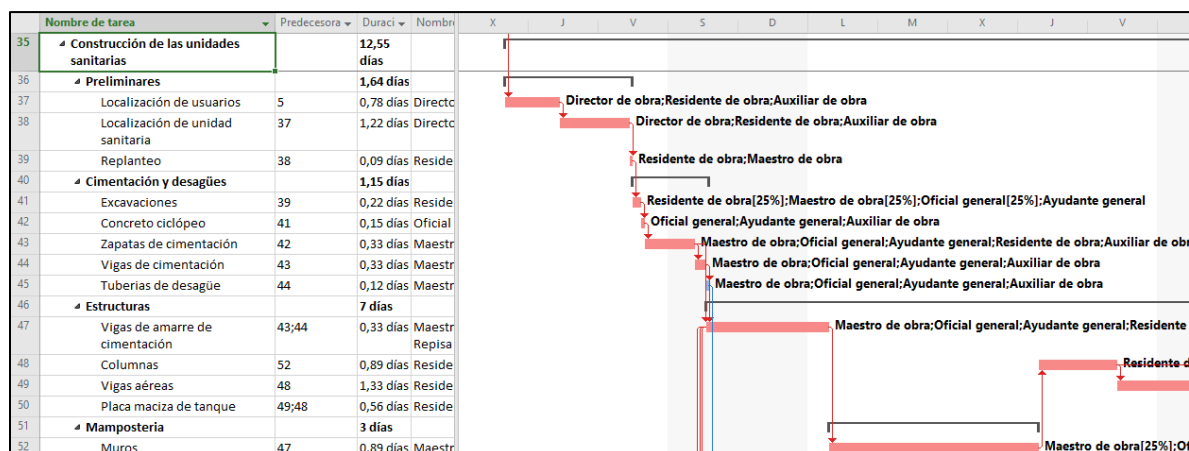


Ilustración 45. Cronograma del Proyecto en Microsoft Project

Finalmente se tiene el cronograma en Microsoft Project con toda la información que el equipo de trabajo recolecto y formulo a lo largo de la planeación. Este cronograma incluye lista de actividades, recursos de trabajo, materiales y costo de cada actividad, estimaciones y secuencias lógicas que tienen como producto la entrega de la unidad sanitaria.

Como resultado de este proceso se deben actualizar todos los documentos previos adquiridos y listas de base de datos como:

Documentos del proyecto	
<input checked="" type="checkbox"/>	Lista de actividades
<input checked="" type="checkbox"/>	Plantillas de atributos de actividades
<input checked="" type="checkbox"/>	Lista de hitos
<input checked="" type="checkbox"/>	Diagrama de red del cronograma (Nodos)
<input checked="" type="checkbox"/>	Estimaciones de la duración
<input checked="" type="checkbox"/>	Lista de supuestos
<input checked="" type="checkbox"/>	Línea base / EDT
<input checked="" type="checkbox"/>	Software de programación
<input checked="" type="checkbox"/>	Calendario del proyecto
<input checked="" type="checkbox"/>	Asignaciones del equipo de trabajo

Ilustración 46. Lista de documentos a actualizar

Estos documentos se deben actualizar continuamente a lo largo del desarrollo del cronograma y del control. Pues esta implementación le permite a la empresa MOVIPETROL SAS tener bases de datos reales consolidadas para sus futuros proyectos. También las listas de supuestos y las plantillas de atributos se pueden ver modificadas por el comportamiento del proyecto, y estas tienen un

gran porcentaje de incidencia sobre las estimaciones. Como último paso, el equipo de trabajo debe darle control y manejo al cronograma realizado.

5.6 Controlar el Cronograma

El equipo de trabajo debe monitorear el estado del proyecto para realizar actualizaciones en caso de ser necesario, estas modificaciones se hacen con respecto a la línea base del cronograma la cual marca las pautas iniciales de tiempos que se plasmaron, inicialmente el propósito debe ser respetar la línea base y procurar que estos tiempos se cumplan.

5.6.1 Controlar el Cronograma: Entradas

Para llevar un control del cronograma, es importante tener en cuenta tres factores importantes del proyecto:

- Línea base del cronograma: Lo que se estipulo en el cronograma. Son los tiempos que se deben cumplir.
- Línea base del alcance: Los entregables y sus especificaciones que permiten una correcta medición de las actividades.
- Línea base para la medición del desempeño: Por medio del valor ganado, esta línea nos permite comparar los resultados reales para tomar acciones preventivas en caso de ser necesario.

En principio el presupuesto del proyecto por unidad sanitaria tenía el siguiente valor:

TOTAL PRESUPUESTO (Incluye A.I.U)		\$ 24,930,712.10
TOTAL COSTO DIRECTO UNIDADES SANITARIAS (sin A.I.U.)		\$ 18,815,631.77
ADMINISTRACION	25.50%	\$ 4,797,986.10
IMPREVISTOS	2.00%	\$ 376,312.64
UTILIDAD	5.00%	\$ 940,781.59
SUBTOTAL A.I.U		\$ 6,115,080.00

Ilustración 47. Presupuesto inicial de unidad sanitaria

En el software de programación en el panel de COSTOS tenemos los siguientes valores del proyecto:

Nombre de tarea	Acumulación de costos fijos	Costo total
CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN EL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE	Prorrateo	\$ 23.082.899,40
▷ Dirección del proyecto	Prorrateo	\$ 1.681.147,68
▷ Construcción de las unidades sanitarias	Prorrateo	\$ 16.496.307,96
▷ Entrega de las Unidades	Prorrateo	\$ 133.333,33
▷ Cierre y liquidación del proyecto	Prorrateo	\$ 4.772.110,43

Ilustración 48. Panel de Costos del Proyecto en Microsoft Project

Es importante tener en cuenta que en el software se detallaron los tiempos del equipo de trabajo de obra, las hojas trabajadas de cada Oficial y ayudante de obra, teniendo en cuenta esto el equipo de trabajo procede a realizar el control con los costos registrados.

Se realiza la revisión de las actividades de la dirección del proyecto:

Se establece la línea base 1 con la programación inicial:

Al establecer la línea base, se aprecia como los costos previstos no varían, ya que hasta el momento la programación inicial no se ha visto afectada.

Nombre de tarea	Acumulación de costos fijos	Costo total	Previsto
CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN EL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE	Prorrateo	\$ 23.082.899,40	\$ 23.082.899,40
▷ Dirección del proyecto	Prorrateo	\$ 1.681.147,68	\$ 1.681.147,68
▷ Construcción de las unidades sanitarias	Prorrateo	\$ 16.496.307,96	\$ 16.496.307,96
▷ Entrega de las Unidades	Prorrateo	\$ 133.333,33	\$ 133.333,33
▷ Cierre y liquidación del proyecto	Prorrateo	\$ 4.772.110,43	\$ 4.772.110,43

Ilustración 49. Establecimiento de la Línea Base de Costos

Al registrar los primeros tiempos del capítulo de dirección de obra, se tienen los siguientes cambios en cuando a la estimación de las duraciones:

Nombre de tarea	Duración de línea base	Duración	Variación de duración
CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN EL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE	68,89 días	68,89 días	0 días
▷ Dirección del proyecto	78,22 días	82,22 días	4 días
▷ Inicio - Firma del contrato	44,67 días	49,78 días	5,11 días
▷ Planificación del proyecto	53,78 días	58,84 días	5,06 días
▷ Definir el equipo de trabajo	0,22 días	0,22 días	0 días
▷ Revisar los diseños del proyecto	4,44 días	7,33 días	2,89 días
▷ Revisar el presupuesto del proyecto	11 días	11 días	0 días
▷ Revisar la lista de actividades	10,33 días	10,33 días	0 días
▷ Crear la lista de recursos	10,1 días	10,1 días	0 días
▷ Definir equipo de trabajo de obra	0,44 días	0,44 días	0 días
▷ Estimar tiempos	10,55 días	10,55 días	0 días
▷ Determinar la ruta crítica	7,65 días	7,65 días	0 días

Ilustración 50. Variaciones de Duración de las Actividades

Al ingresar los tiempos reales, se tienen variaciones representativas en dos actividades de obra, según el criterio del equipo de trabajo si las variaciones son mayores al 5% se deben hacer modificaciones en la línea base del proyecto si así se requiere.

Para calcular los tiempos de trámite de Acta de inicio, el equipo tuvo en cuenta que desde el momento en el que se firma el contrato se dejan radicados todos los documentos de firma de acta de inicio, ya que de esta manera se ha hecho en experiencias anteriores. Sin embargo, no tuvieron en cuenta que esta entidad pide el pago de estampillas previo al acta de inicio y esto cambio representativamente los tiempos.

La modificación de presupuestos, incluyo la revisión del mismo y la corrección de algunos precios unitarios que no correspondían a la realidad de los diseños en los planos. Así que se tuvo que hacer cambios y actualizar algunos precios, lo que llevo a modificaciones del presupuesto. Inicialmente el equipo de trabajo contemplo una estimación baja para esta actividad, teniendo en cuenta que el modelo de unidad sanitaria era el empleado por el Ministerio de vivienda y esta es un modelo fijo, el cual los profesionales conocían muy bien. Sin embargo, no contaron con las discrepancias entre diseños y presupuestos.

También se registran los primeros tiempos de actividades de obra, sacados de las visitas que realizo el residente y el auxiliar de obra.

EDT	Nombre de tarea	Duración de línea base	Duración	Variación de duración
1.2	▾ Construcción de las unidades sanitarias	13,21 días	13,55 días	0,33 días
1.2.1	▾ Preliminares	1,31 días	1,65 días	0,33 días
1.2.1.1	▸ Localización de usuarios	0,67 días	1 día	0,33 días
1.2.1.2	▸ Localización de unidad sanitaria	0,89 días	0,89 días	0 días
1.2.1.3	▸ Replanteo	0,09 días	0,09 días	0 días
1.2.2	▸ Cimentación y desagües	1,15 días	1,15 días	0 días
1.2.3	▸ Estructuras	7 días	7 días	0 días
1.2.4	▸ Mampostería	3 días	3 días	0 días
1.2.5	▸ Cubiertas	0,67 días	0,67 días	0 días
1.2.6	▸ Instalaciones hidráulicas y sanitarias	0,34 días	0,34 días	0 días
1.2.7	▸ Instalaciones eléctricas	0,45 días	0,45 días	0 días
1.2.8	▾ Pañetes	2,22 días	2,22 días	0 días

Quando los profesionales realizan las visitas, tienen inconvenientes para ubicar algunos usuarios, y por lo tanto tardan alrededor de 1 día completo para esta actividad. Allí podemos ver la variación en esta actividad.

Ilustración 51. Variación en la Duración de la Actividad Localización de Usuarios

Estos cambios en tiempos, también se vieron reflejados en la duración total del proyecto:

Nombre de tarea	Acumulación de costos fijos	Costo total	Previsto	Variación
CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN EL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE	Prorrateo	\$ 23.985.017,83	\$ 23.082.899,40	\$ 902.118,43
Dirección del proyecto	Prorrateo	\$ 2.481.414,26	\$ 1.681.147,68	\$ 800.266,58
Inicio - Firma del contrato	Prorrateo	\$ 799.999,92	\$ 22.000,00	\$ 777.999,92
Planificación del proyecto	Prorrateo	\$ 1.644.377,31	\$ 1.622.110,65	\$ 22.266,66
Cierre	Prorrateo	\$ 37.037,03	\$ 37.037,03	\$ 0,00
Construcción de las unidades sanitarias	Prorrateo	\$ 16.598.159,81	\$ 16.496.307,96	\$ 101.851,85
Preliminares	Prorrateo	\$ 433.980,75	\$ 332.128,90	\$ 101.851,84
Localización de usuarios	Prorrateo	\$ 222.222,21	\$ 120.370,37	\$ 101.851,85
Localización de unidad sanitaria	Prorrateo	\$ 194.444,43	\$ 194.444,43	\$ 0,00
Replanteo	Prorrateo	\$ 17.314,11	\$ 17.314,11	\$ 0,00

Ilustración 52. Variaciones de Costo en el Proyecto

El software automáticamente, genera los costos de las demoras en estas tres actividades, lo cual repercute todo el costo del proyecto. Finalmente se tiene una variación de costo de \$902.118,43 pesos con respecto al costo de la línea base.

El director del proyecto le comunica al equipo que el incremento fue del 3,90%, al estar este porcentaje por debajo del 5% que se tiene como margen para modificaciones, se podría decir que no se requerirían cambios. Sin embargo, el equipo comunica que en las duraciones de la dirección del proyecto el incremento si fue del 5.11%. Después de las visitas el equipo de trabajo se reúne y determina hacer unas modificaciones en el cronograma teniendo en cuenta la nueva información que se tiene de las visitas.

5.6.2 Controlar el Cronograma: Herramientas y Técnicas

Con la información anterior el equipo de trabajo se reúne para discutir los siguientes temas:

- Modificar tiempos de logística (transporte de materiales)
- Revisar la incidencia de la variación económica



Tabla 9. Horas de Trabajo Real y Restante del Proyecto.

Por medio de la herramienta de informes que genera el software, el equipo de trabajo revisa la gravedad de los cambios, al hacer esto lo primero que concluyen es que por el tipo de acceso de las diferentes ubicaciones del proyecto se deben modificar los tiempos de entrega de los materiales. El residente de obra en campo corrobora las frecuentes lluvias que presenta el municipio y como estas a pesar de únicamente durar una parte del día, afectan las vías de acceso y pueden significar un

problema para los conductores que van a transportar los materiales.

El director del proyecto concluye que va a tomar en cuenta los cambios propuestos por el resto del equipo de trabajo, y que prefiere tener más tiempo para el tema logístico y no tener futuros retrasos.

De esta manera se modifica la línea base inicial, incrementando las duraciones de la actividad de localización de usuario y localización de unidad sanitaria. Con respecto a los tiempos que se tomaron para la revisión y modificación de presupuestos, el director de obra afirma que estos tiempos fueron necesarios para garantizar el correcto desarrollo del proceso constructivo, y que las modificaciones que se hicieron fueron en el Capítulo de sistema de aguas residuales, el cual gracias a sus modificaciones se va a poder realizar independientemente de la construcción del baño que compone la unidad sanitaria.

Finalmente, el equipo por medio del software genera estos resultados:

Nombre	% completado	Costo	Costo de línea base	Variación de costo
CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN EL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE	17%	\$ 23.710.721,59	\$ 23.104.899,40	\$ 605.822,19

Ilustración 53. Variación del Costo del Proyecto Final

Se optimizan los recursos en la actividad de localización de usuarios, y el programa nos genera la nueva variación del costo, reduciendo la inicial en un 33% aproximadamente, estos costos se ven reflejados en los siguientes recursos de trabajo:

Nombre	Costo	Costo de línea base	Variación de costo
Gerente MOVIPETROL SAS	\$ 2.310.888,66	\$ 1.688.666,50	\$ 622.222,16
Director de obra	\$ 3.142.636,02	\$ 3.201.850,81	-\$ 59.214,80
Residente de obra	\$ 2.194.916,45	\$ 2.161.472,01	\$ 33.444,44
Auxiliar de obra	\$ 738.000,26	\$ 715.703,95	\$ 22.296,30

Ilustración 54. Variación del Costo de los Recursos

Aquí se mencionan únicamente los recursos de trabajo involucrados hasta el momento con la fecha de corte del 29 de julio de 2024, después de que se realizan las visitas de obra. Sin embargo, los tiempos de la construcción aumentaron considerablemente sobre un 1 mes que inicialmente se tenían con la línea base 1. Con esto equipo de trabajo decide dar prioridad a los tiempos de obra.

5.6.3 Controlar el Cronograma: Salidas

Según el criterio anterior tenemos como resultado el siguiente cronograma con la línea base actualizada:

Un incremento en costo del proyecto de \$ 790.822 pesos, este incremento es mayor al que se puede ver en el informe de avance del 17 %, pero es menor que la variación inicial con los primeros registros que fue de \$ 902.111.

Nombre de tarea	Costo total
CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN EL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE	\$ 23.895.721,60
▸ Dirección del proyecto	\$ 2.503.414,26
▸ Construcción de las unidades sanitarias	\$ 16.783.159,82
▸ Entrega de las Unidades	\$ 133.333,33
▸ Cierre y liquidación del proyecto	\$ 4.475.814,19

Ilustración 55. Incremento de Costo del Proyecto

Modo de	EDT	Nombre de tarea	Duración de línea base
★	1	CONSTRUCCIÓN DE UNIDADES SANITARIAS EN EL MUNICIPIO DE PAZ DE ARIPORO DEPARTAMENTO DE CASANARE	82,78 días
→	1.1	▸ Dirección del proyecto	78,22 días
→	1.2	▸ Construcción de las unidades sanitarias	11,99 días
→	1.3	▸ Entrega de las Unidades	0,67 días
→	1.4	▸ Cierre y liquidación del proyecto	32,76 días

Ilustración 56. Duración de la Construcción de las Unidades Sanitarias Actualizada

Sin embargo, si se compara la nueva duración de la construcción de las unidades sanitarias con la última que se expuso, se tiene un resultado de 1,22 días de margen. Y esto es mucho más relevante para equipo de obra teniendo en cuenta la condición climática de la

zona de trabajo.

Finalmente se tiene un cronograma de obra con un costo total por debajo del valor máximo definido el cual es \$24.930.712,10, contra un costo previsto inicial de \$23.895.721,6. De esta manera la dirección del proyecto tiene a su favor un costo de \$1.034.990,5, por cada unidad sanitaria. Y adicionalmente se tiene una duración de 12 días aproximadamente para construir las unidades sanitarias, lo que le da al director de proyecto y al equipo de trabajo 3 días de margen para posibles imprevistos y problemas climáticos.

Con respecto al análisis de los resultados, el Ingeniero Carlos, en colaboración con la facilitadora, compartió las siguientes apreciaciones con el equipo de trabajo:

En el caso de los costos, se evaluaron los dos primeros escenarios, en los cuales se realizó un corte de obra con fecha del 29 de julio de 2024.

Resultados de Costos del Software Project		
Costo previsto línea base	\$	23.082.899,40
Costo primer corte	\$	23.895.721,60
<i>Diferencia</i>	\$	812.822,20
% Incremento		3,52%

Ilustración 57. Resultado de Costos Corte de Obra del 29 de Julio

Con un avance de obra del 17%, se observó un incremento en los costos del 3,52%, equivalente a \$812,822.20. El Ingeniero Carlos afirmó que las duraciones en las actividades que

presentaron una variación considerable, como las actividades del capítulo de preliminares y las de modificación de presupuesto, requieren una revisión de la técnica de estimación análoga utilizada para el cálculo de estas, para corroborar si la información se tomó de bases de datos reales o si se realizó de manera empírica.

En el escenario final, se evaluaron los costos en relación con el presupuesto oficial del proyecto, a solicitud del Gerente, el Ingeniero Artemio.

Resultados de Costos Project vs Presupuesto oficial		
Costo primer corte	\$	23.895.721,60
Costo presupuesto oficial	\$	24.930.712,10
<i>Diferencia</i>	\$	1.034.990,50
% Disminución		4,1510%

Ilustración 58. Costos finales vs Costos presupuesto oficial

Los resultados obtenidos fueron positivos, ya que, con los costos reales del primer corte, actualizando la línea base y los costos del presupuesto oficial, se logró una disminución del 4.15% en el costo total de

la construcción de la unidad sanitaria.

Este resultado fue significativo para el Gerente, quien durante todo el proceso del desarrollo del cronograma comparaba numéricamente los resultados en costos. Dado que el proyecto contempla la ejecución de 181 unidades sanitarias, el ahorro de \$1,034,990.50 por cada unidad representa un ahorro total de \$187,333,280.50 para la ejecución completa del proyecto.

Por otra parte, se revisaron los tiempos de construcción total de la unidad sanitaria, obteniendo tres duraciones a lo largo del desarrollo del cronograma.

Estimación de duraciones	
Programación inicial (línea base)	10,83 días
Programacion primer corte de obra	13,21 días
Programacion final (modificación línea base)	11,99 días
<i>Margen maximo de duración</i>	15 días

Ilustración 59. Tiempos de Duración en las Etapas del Proyecto

El Ingeniero Residente Alejandro manifestó que, a pesar de que la primera duración de 10.83 días fue el resultado de una estimación y la creación de todos los recursos en cada una de las actividades, es

decir, una estimación formulada correctamente, consideró que lograr la construcción de la unidad en 10.83 días parecía demasiado optimista basado en su experiencia en proyectos similares. El equipo de trabajo concluyó, de manera similar a los resultados anteriores, que es necesario revisar las técnicas de estimación y la información utilizada para aplicarlas.

Revisando las demás estimaciones, el director comunicó que una duración de 13.21 días se encuentra dentro del margen aceptable, aunque reduce considerablemente el margen de imprevistos en comparación con los 10.83 días iniciales. El equipo estuvo de acuerdo, considerando las lluvias esperadas durante la ejecución del proyecto. Finalmente, con el resultado final de 11.99 días, es decir, 12 días, todo el equipo expresó satisfacción. Este resultado representa un margen positivo de 3 días y considera un mayor tiempo para actividades como la entrega de materiales y la ubicación de los lugares de obra, que inicialmente se habían estimado por debajo de los tiempos reales de obra.

El equipo de trabajo manifestó que los 3 días de margen y el aumento en el presupuesto (debido al incremento del personal de trabajo) permitirán continuar optimizando los tiempos y costos del proyecto. Asimismo, se concluyó que mantener el control del cronograma permitirá realizar futuros ajustes que beneficien al proyecto y a sus involucrados.

6 Conclusiones

Teniendo en cuenta que el plan de implementación de la Práctica AACE No. 61R-10 – Diseño del cronograma, desarrollado en este documento, representa el primer paso de la empresa MOVIPETROL S.A.S. hacia la consolidación de procesos eficaces de dirección de proyectos basados en las mejores prácticas, se han elaborado las siguientes conclusiones:

- El plan de implementación de la práctica AACE N°61R-10 para el diseño del cronograma proporcionó a MOVIPETROL S.A.S. las herramientas necesarias para gestionar eficazmente el cronograma de un proyecto. Entre los procesos implementados se incluyen el Desglose del Alcance del Proyecto (EDT) para una visión integral, el análisis y gestión de riesgos mediante una matriz y evaluación cuantitativa para generar planes de acción, la secuenciación de actividades con el método de diagramación por precedencia, el establecimiento de la ruta crítica con Microsoft Project, y la estimación de duraciones utilizando técnicas paramétricas y análogas. Además, la asignación de recursos con sus restricciones permitió crear un cronograma realista, mejorando el control y la modificación del desarrollo de las actividades. Esta experiencia garantiza que, en futuros proyectos, MOVIPETROL S.A.S. no tendrá que partir de cero, asegurando un desempeño más eficiente.
- En cuanto al equipo de trabajo, se concluye que, durante la implementación, algunos ingenieros y profesionales encontraron desafiante aplicar nuevas prácticas, como el diligenciamiento de plantillas para cada atributo, considerando que ya contaban con especificaciones técnicas. Esta percepción de redundancia, sumada a sus años de experiencia en métodos tradicionales, complicó en algunos momentos la realización de las entrevistas necesarias para consolidar las bases de datos de la empresa. Sin embargo, al presentar los

resultados al equipo, se observó un cambio positivo en su perspectiva hacia la implementación, lo que generó una mayor expectativa en el proceso. Este cambio de actitud promovió una participación más activa, permitiendo que la información necesaria para alimentar el plan de gestión y el desarrollo del cronograma se incrementara a medida que avanzaban las reuniones. Este avance se logró gracias a la presencia de un facilitador y la clara asignación de roles dentro del equipo.

- El equipo de trabajo designado en MOVIPETROL S.A.S. logró reducir el tiempo efectivo en la construcción de las unidades sanitarias mediante una administración eficaz de los riesgos, implementando las buenas prácticas recomendadas por las guías del PMI y la AACE. Estas prácticas permitieron a la empresa realizar ajustes y tomar decisiones clave antes de iniciar la obra, logrando un margen de tres días adicionales. Este margen se obtuvo al modificar y actualizar la línea base inicial, ajustándola a las condiciones reales del sitio del proyecto. Este éxito se refleja en un desempeño destacado en el seguimiento de las visitas de campo, esenciales para mantener el cronograma actualizado y generar estrategias que aseguren tiempos y costos óptimos en los proyectos.
- La implementación de la práctica recomendada AACE RP 61-R10 resultó en una reducción significativa del presupuesto, logrando un ahorro de \$187,333,280.50, lo que representa un logro destacado para la Gerencia del proyecto. Este éxito ha incentivado el interés en seguir aplicando estas prácticas y en capacitar a los profesionales para que dispongan de las herramientas necesarias para su correcta implementación. Además, ha despertado un fuerte deseo de formación avanzada en el uso de software de planificación, con el fin de garantizar un control total y efectivo de los proyectos. La adopción de estas herramientas y

prácticas no solo ha demostrado ser beneficiosa en la reducción de costos, sino que también ha renovado el compromiso con la excelencia en la gestión de proyectos. Se considera que la capacitación continua en estas áreas es esencial para optimizar aún más la planificación y ejecución de futuros proyectos, consolidando así una base sólida para el éxito y la eficiencia a largo plazo.

7 Recomendaciones

Finalizado el trabajo realizado en el desarrollo de un plan de gestión del cronograma para el proyecto más próximo de MOVIPETROL S.A.S, se indicaron ciertas notas a tener en cuenta en el futuro uso de esta práctica recomendada de la AACE 61R-10 en próximos proyectos futuros que la organización pueda tener:

- MOVIPETROL S.A.S. debe formar un equipo previamente capacitado en la gestión de proyectos, siguiendo las guías del PMI y AACE, para garantizar una correcta implementación de las prácticas recomendadas. Durante la implementación inicial, el equipo encontró dificultades debido a la falta de experiencia en el uso del software Microsoft Project y en el aprovechamiento de sus herramientas, lo que complicó el proceso y llevó a la contratación provisional de un programador experto en el software. Sin embargo, es crucial que los profesionales involucrados en los proyectos adquieran habilidades en el manejo del programa para poder alimentar y controlar el cronograma de manera efectiva. La organización debe invertir en la capacitación continua de su personal para gestionar adecuadamente el plan de gestión del cronograma en futuros proyectos.
- Los profesionales de la empresa deben empezar a reconocer la importancia de dedicar tiempo a una planificación detallada. En algunas ocasiones, con el

objetivo de proporcionar información a la facilitadora, ofrecieron estimaciones basadas únicamente en su criterio personal, sin aplicar técnicas de estimación con fundamento técnico. Esta falta de rigor se reflejó en las variaciones de tiempo observadas en el primer corte de obra. Es crucial comprender la importancia de una planificación precisa y basada en datos sólidos para el éxito de un proyecto. Implementar técnicas de estimación adecuadas y capacitar al equipo en estas prácticas no solo mejora la precisión del cronograma, sino que también optimiza la gestión general del proyecto.

- Se debe implementar el uso de indicadores de rendimiento en el control de proyectos. Estos generados por el software Microsoft Project, permite a los directores evaluar de manera rápida y eficaz la relación entre los costos presupuestados y los costos reales incurridos. Además, estos indicadores facilitan la revisión del rendimiento del cronograma al comparar el costo del trabajo realizado con el costo del trabajo programado. Indicadores clave como el Índice de Rendimiento de Costos (IRC) y el Índice de Rendimiento del Cronograma (IRP) se pueden visualizar en la pestaña de valor acumulado del software. Ofrecen al equipo una herramienta valiosa para medir y analizar el comportamiento del proyecto, permitiendo realizar ajustes oportunos y mejorando así la gestión general del cronograma y los costos
- MOVIPETROL S.A.S. debe estructurar una base de datos de los proyectos en los que trabaja, lo cual es esencial para la estimación de proyectos similares en el futuro. Se recomienda organizar esta base de datos con folios por tipo de proyecto, categorizados según el área del estilo constructivo. Es importante recopilar información general relevante, como el nombre, ubicación, descripción, valor, EDT, fechas de inicio y final, presupuesto e involucrados.

Además, se debe incluir documentación técnica como la programación inicial y sus actualizaciones, el presupuesto inicial y final, matrices de riesgos y de control de riesgos, así como las lecciones aprendidas.

Finalmente, es necesario designar a una persona encargada de actualizar esta base de datos, ya sea de forma trimestral o semestral. Se pueden utilizar herramientas de almacenamiento en la nube, como Google Drive o SharePoint, que son softwares especializados en la gestión documental.

8 Bibliografía

Institute, P. M. (2017). GUIA DE LOS FUNDAMENTOS PARA LA DIRECCIÓN DE PROYECTOS DEL PMBOK - Sexta Edición. Project Management Institute, inc.

International, A. (2013). Practica Recomendada 61R-10 de ACCE- Diseño del cronograma. AACE International.

Nicolás, J. Y. (2002). Administracion Profesional de Proyectos LA GUÍA. McGRAW-HILL/ INTERAMERICANA EDITORES, S.A DE C.V.

PMI. (2016). EXTENSIÓN DE LA CONSTRUCCIÓN DE LA GUIA PMBOK. Project Management Institute, Inc.