

# PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

## FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA



PONTIFICIA  
**UNIVERSIDAD**  
**CATÓLICA**  
DEL PERÚ

### PLANEAMIENTO INTEGRAL DE LA CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

Tesis para optar el Título de **Ingeniero Civil**, que presenta el bachiller:

**Edgardo Raúl Mayor Córdova**

**ASESOR: Iván Enrique Bragagnini Rodriguez**

Lima, Enero del 2013

## RESUMEN

La tesis que se presenta a continuación consiste en el planeamiento integral de la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales ubicada en la ciudad de Lima, la cual comprende obras civiles, equipamiento hidráulico, electromecánico, automatización y puesta en marcha..

Cabe mencionar que el proyecto en mención es del tipo EPC (Ingeniería, Procura y Construcción) por lo que la ingeniería y la procura son asumidas por el contratista. En el caso específico de este proyecto, la ingeniería fue subcontratada, sin embargo, hubo deficiencias en la ingeniería las cuales deben ser asumidas por el contratista.

En la actualidad, en nuestro país existe una tendencia hacia el desarrollo de proyectos EPC y las empresas deben estar preparadas para afrontar esta modalidad de proyectos.

Además se mencionaran diferentes pautas para la ejecución del proyecto relacionadas con un análisis de stakeholders, implementación del sistema del último planificador enfocado a la planta de tratamiento de aguas residuales, planeamiento del alcance, plazos, costos, gestión administrativa, control financiero y control de calidad.

Por otro lado, se incluyen recomendaciones para el planeamiento de las comunicaciones y gestión del conocimiento que en la actualidad no son consideradas en el desarrollo de proyectos de construcción y que tienen un impacto positivo para futuros proyectos similares.

Así mismo, se plantea una estrategia de ejecución, donde se recomiendan procedimientos constructivos para las diversas estructuras de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Además se mencionan pautas relacionadas a la gestión contractual debido a la importancia que esta tiene en proyectos donde el cliente sea el estado.

Finalmente se indican el impacto ambiental, plan de contingencias, prevención de riesgos, así como recomendaciones y conclusiones.

## INDICE

<b>1</b>	<b>EXPEDIENTE TECNICO .....</b>	<b>8</b>
1.1	Memoria Descriptiva .....	8
1.2	Descripcion De Procesos.....	10
1.3	Consideraciones Generales.....	12
1.4	Especificaciones Tecnicas .....	13
1.5	Normas Ambientales.....	17
<b>2</b>	<b>PRESUPUESTO DE LA OBRA.....</b>	<b>21</b>
2.1	Generalidades.....	21
2.2	Metrados .....	21
2.3	Costos Directos.....	21
2.3.1	Costo de Materiales .....	21
2.3.2	Costo de Mano de Obra .....	22
2.3.3	Costo de Equipos.....	23
2.3.4	Costo de Herramientas .....	24
2.3.5	Análisis de Precios Unitarios.....	24
2.3.6	Presupuesto por Partidas.....	24
2.4	Costos Indirectos.....	24
2.4.1	Gastos Generales .....	24
2.4.2	Utilidad .....	27
2.5	Presupuesto .....	27
2.6	Formula Polinómica.....	27
2.6.1	Estructura de la Formula Polinómica.....	28
<b>3</b>	<b>PLANEAMIENTO Y CONTROL DE OBRA .....</b>	<b>29</b>
3.1	Consideraciones Generales.....	29
3.2	Formas de Abordar el Proyecto – Modalidad: Concurso Oferta (Licitación Pública).....	30
3.3	Análisis de Stakeholders del Proyecto.....	32
3.4	Reunión de Inicio con el cliente.....	33
3.5	Programación – LEAN CONSTRUCTION.....	34
3.5.1	Implementacion Del Sistema Del Último Planificador-Lean Construction ..	37
3.6	Productividad.....	48
<b>4</b>	<b>Planeamiento de Obra .....</b>	<b>50</b>

4.1	Planeamiento del Alcance.....	50
4.2	Planeamiento de los Riesgos .....	50
4.3	Planeamiento del Recurso Humano.....	52
4.4	Planeamiento de los Plazos.....	52
4.5	Planeamiento de los costos .....	54
4.6	Planeamiento de las comunicaciones .....	56
4.7	Gestión del Conocimiento .....	58
4.8	Gestion Administrativa .....	62
4.9	Control Financiero .....	63
4.10	Control De Calidad .....	64
4.11	Desarrollo de Ingeniería de Detalle .....	64
<b>5</b>	<b>ESTRATEGIAS DE EJECUCION.....</b>	<b>68</b>
5.1	Constructabilidad .....	79
5.2	Obras Provisionales .....	80
5.3	Equipos .....	82
5.4	Subcontratas .....	82
<b>6</b>	<b>GESTION CONTRACTUAL .....</b>	<b>84</b>
<b>7</b>	<b>CALENDARIOS .....</b>	<b>86</b>
<b>8</b>	<b>PROBLEMAS DE OBRA .....</b>	<b>87</b>
<b>9</b>	<b>IMPACTO AMBIENTAL .....</b>	<b>90</b>
<b>10</b>	<b>PLAN DE RIESGO Y CONTINGENCIA .....</b>	<b>92</b>
<b>11</b>	<b>SEGURIDAD EN OBRA.....</b>	<b>96</b>
<b>12</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>13</b>	<b>BIBLIOGRAFIA:.....</b>	<b>99</b>

## INDICE DE ANEXOS

### **Anexos A**

- A.01 Normas Ambientales que obedece al marco legal e institucional del país.
- A.02 Metrados de Obras Civiles
- A.03 Metrados de Equipamiento
- A.04 Listado de Materiales
- A.05 Previsión de Mano de Obra
- A.06 Presupuesto por Partidas
- A.07 Análisis de precios unitarios
- A.08 Cronograma general de actividades

### **Anexos B**

- B.01 Planos Generales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
- B.02 Planos de Arquitectura de la Planta de Tratamiento
- B.03 Planos de Estructuras de la Planta de Tratamiento
- B.04 Planos de Procesos / Hidráulicos
- B.05 Planos de Instalaciones Eléctricas

## INDICE DE TABLAS

Tabla N°01:	Caudales de Diseño de la planta de tratamiento de aguas residuales
Tabla N°02:	Caracterización del agua tratada para diseño de la PTAR
Tabla N°03:	Salarios y Beneficios Sociales – CAPECO
Tabla N°04:	ABC de Equipos
Tabla N°05:	Gastos Generales - Staff
Tabla N°06:	Detalle de Gastos Generales Proyectados
Tabla N°07:	Formula Polinómica
Tabla N°08:	Matriz de Influencia de Stakeholders
Tabla N°09:	Ejemplo de Look Ahead – Planta de Tratamiento de Aguas Residuales
Tabla N°10:	Ejemplo de Porcentaje de Plan Cumplido y Causas de Incumplimiento
Tabla N°11:	Ejemplo de Análisis de Restricciones
Tabla N°12:	Ratios Meta de Mano de Obra
Tabla N°13:	Ratios Meta de Equipos
Tabla N°14:	Principales Riesgos del proyecto cuantificados
Tabla N°15:	ABC de Subcontratos
Tabla N°16:	Identificación de los interesados del proyecto
Tabla N°17:	Formato de Control de Cambios
Tabla N°18:	Matriz de Plan de Arranque
Tabla N°19:	Plan de Contingencias del Proyecto

## INDICE DE GRAFICOS

- Grafico N°01: Curva de Empleo de Mano de Obra
- Grafico N°02: Organigrama del Proyecto
- Grafico N°03: Modalidad tipo convencional de abordar un proyecto
- Grafico N°04: Modalidad tipo Fast Track para abordar un proyecto
- Grafico N°05: Grafico de Matriz Poder / Interés de los involucrados del proyecto

## INDICE DE IMÁGENES

- Imagen N°01: Cámara de entrada y cuchara bivalva
- Imagen N°02: Cribado en pre tratamiento (rejas medianas, finas)
- Imagen N°03: Desarenadores Tipo Vórtex
- Imagen N°04: Cárcamo de Bombeo CBC-01
- Imagen N°05: Reactor Biológico
- Imagen N°06: Sectorización de la losa del Reactor Biológico
- Imagen N°07: Tren de Trabajo en el Reactor Biológico
- Imagen N°08: Procedimiento de vaciado en muros del reactor biológico
- Imagen N°09: Distribución de paños en muros del Reactor
- Imagen N°10: Clarificadores Secundarios
- Imagen N°11: Sectorización de la losa de Clarificadores Secundarios
- Imagen N°12: Sectorización de los muros en los Clarificadores Secundarios
- Imagen N°13: Filtros de Arena
- Imagen N°14: Cámara de Contacto de Cloro
- Imagen N°15: Espesador de Lodos
- Imagen N°16: Sectorización de la losa de Espesador de Lodos
- Imagen N°17: Procedimiento de Vaciado en Muros del Espesador de Lodos
- Imagen N°18: Caseta de Sopladores

## 1 EXPEDIENTE TECNICO

### 1.1 MEMORIA DESCRIPTIVA

El proyecto consiste en el diseño, procura y construcción de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales Santa Clara que recibirá los caudales de los esquemas de San Juan, La Gloria, Pariachi, anexos de Horacio Zevallos, Huaycán y parte del esquema de Nicolás de Piérola. El proyecto fue ganado mediante la modalidad de Concurso Oferta y Sistema a Suma Alzada.

La finalidad de esta planta de tratamiento es poder dar cumplimiento a la norma vigente actual que regula la descarga de aguas residuales de acuerdo a la Norma OS.090 del reglamento nacional de edificaciones (RNE), además de conseguir una planta de tratamiento moderna y con un bajo costo en mantenimiento

La planta de tratamiento de aguas residuales emplea tecnología de lodos activados con aireación extendida e incluye tratamiento primario, secundario y terciario. La calidad del agua obtenida después de todo el tratamiento, permite la reutilización del agua en el sector agrícola.

Ubicación:

Esta planta de tratamiento se encontrara ubicada en Santa Clara, en el distrito de Ate, departamento de Lima entre las coordenadas 671400N 294200E y 8671550N 294300E.

El terreno otorgado para la construcción de la planta de tratamiento tiene una área de 21 000 m<sup>2</sup> aproximadamente. Ver planos Generales de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales en el Anexo B.01

#### **Generalidades:**

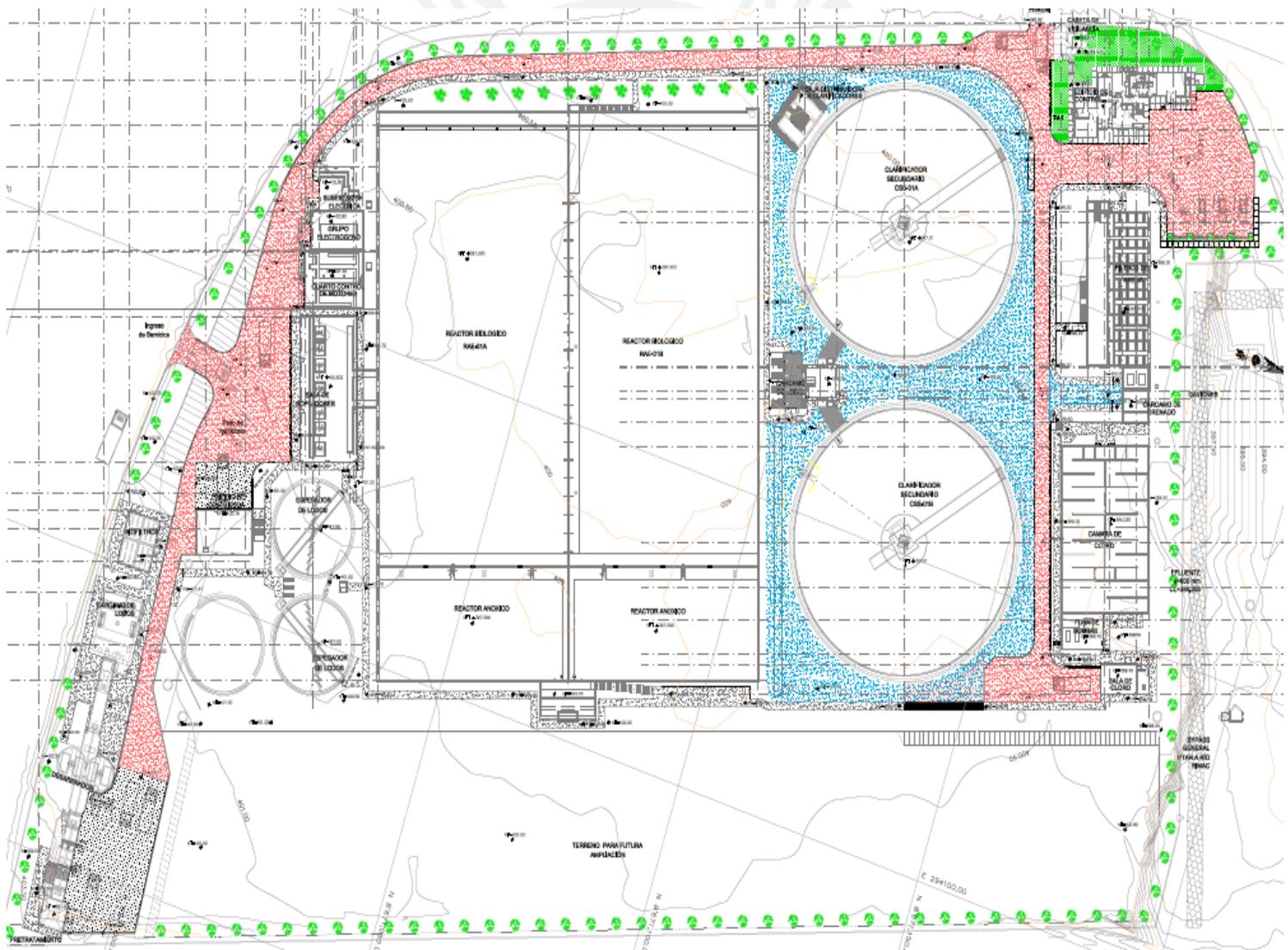
El desarrollo del saneamiento físico legal para la construcción de la planta de tratamiento le compete en su totalidad a SEDAPAL

La Planta de Tratamiento está diseñada para operar 360 días al año, 24 horas por día.

Previo al diseño se realizaron estudios que comprenden la topografía y estudio de mecánica de suelos.

La planta tendrá los siguientes procesos / etapas:

- Cámara de llegada (cribado grueso y cuchara bivalva)
- Un canal de pre tratamiento (cribado medio, fino, desarenado y control de olores)
- Proceso biológico (remoción de materia orgánica y nitrógeno)
- Sedimentación Secundaria
- Filtración
- Desinfección con cloro
- Espesamiento de lodos
- Deshidratación de lodos



## 1.2 DESCRIPCIÓN DE PROCESOS

El detalle de los procesos de la Planta de tratamiento de Aguas Residuales se puede ver en el Anexo B.04

### Ingreso a la Planta de Tratamiento

El agua cruda ingresará a la planta de tratamiento por gravedad proveniente del colector de la carretera central.

La cámara de llegada es la primera estructura en la planta de tratamiento que tiene la finalidad de extraer los objetos sólidos que son retenidos mediante una reja gruesa; la extracción de estos residuos son a través de una cuchara bivalva.

### Pre tratamiento

Después de la cámara de llegada el agua cruda ingresa al pre tratamiento en donde se ubican las rejas mecánicas medianas y las rejas mecánicas finas.

Para la extracción de arena y grava se cuenta con desarenadores ubicados después de las rejas finas, estos desarenadores serán del tipo Vórtex en forma circular.

Además en esta de la planta se contempla un medidor de caudales del tipo Parshall el cual se encontrará después del desarenador.

Para finalizar el pre tratamiento el agua cruda es llevada hacia el cárcamo de agua cruda que tiene la finalidad de conducir a través del bombeo el agua cruda hacia la caja de distribución del reactor biológico. Además en este cárcamo se encuentran desengrasadores.

### Tratamiento Primario

- Tratamiento biológico

Uno de los principales objetivos de la planta de tratamiento es el poder oxidar constituyentes biodegradables para lo cual se cuenta con el reactor biológico el cual está dividido en dos reactores: Anóxico (en donde se realiza la desnitrificación) y Aeróbico (del tipo de lodos activados, en donde se realiza la nitrificación)

Para ello el agua pre tratada ingresa a la caja de distribución del reactor en donde se reparte en dos módulos del reactor anóxico, después el agua pasa al reactor aeróbico por una ventana que está ubicada en la parte inferior del muro divisorio entre en reactor anóxico y aeróbico. En todo el proceso hay una recirculación interna a través de bombas y una alimentación de oxígeno a través de difusores colocados en las losas del reactor aeróbico, los difusores son alimentados a través de los sopladores.

- Sedimentación

Al terminar los procesos en el reactor biológico la mezcla fluye por gravedad hacia la caja de distribución de clarificadores para distribuirlos entre los dos clarificadores; estos son tanques circulares con un diámetro de 45m y un volumen de 7156m<sup>3</sup> cada uno.

En esta etapa se divide la mezcla separando las natas y espumas para volver a bombearlas a la caja de distribución de clarificadores. El resto del agua es llevada por gravedad hacia los filtros de arena.

### **Tratamiento Terciario**

- Filtración

El agua que sale de los clarificadores llega al filtro de arena en donde se tiene como objetivo remover a los huevos de helminto así como sólidos residuales.

La estructura de filtros tiene 06 filtros de arena y un sistema de retro lavado

- Desinfección

Después del proceso de filtros el agua es conducida a la cámara de contacto de cloro donde se añadirá gas cloro para eliminar microorganismos. Esta estructura está conformada por dos laberintos. Después de pasar por ellos una parte va a cárcamo de agua de servicios y la otra parte es emitida a través del efluente hacia un canal de regadío.

### **Tratamiento de lodos generados**

- Espesador

Del cárcamo de lodos proveniente de los clarificadores se envía los lodos hacia los espesadores con el uso de bombas centrifugas. Una vez depositados en los espesadores son enviados a la deshidratación.

- Deshidratación

En esta etapa el objetivo es poder reducir la humedad para Optimizar los costos en transporte de los lodos. Este proceso se realiza con el empleo de centrifugas

## Tratamiento y control de olores

Los malos olores serán controlados mediante un sistema biotecnológico con el empleo de cuatro biofiltros, dos de ellos se utilizarán para tratar la atmosfera concentrada en los canales de pre tratamiento y los otros dos para tratar la atmosfera del cárcamo de agua cruda.

### 1.3 CONSIDERACIONES GENERALES

#### Capacidad y flexibilidad de la PTAR

Los caudales de diseño para la planta de tratamiento son los siguientes.

Caudal	Valor	Unidad	Valor	Unidad
Caudal de diseño	437.81	L/s	37,826.78	m <sup>3</sup> /d
Caudal máximo horario	1,024.48	L/s	88,515.07	m <sup>3</sup> /d
Caudal máximo diario	569.15	L/s	49,174.82	m <sup>3</sup> /d

Tabla N°01 Caudales de diseño

En cuanto a la flexibilidad la Planta de Tratamiento está diseñada para operar 360 días al año, 24 horas por día.

#### Calidad del agua residual tratada

Uno de los principales objetivos de la planta de tratamiento es poder cumplir con las normas de calidad.

Los requisitos exigidos por SEDAPAL son:

Parámetro	Unidad	Valor máximo
DBO <sub>5</sub>	mg/L	15
SST	mg/L	10

Tabla N°02. Caracterización del agua tratada para diseño de la PTAR

## Disposición final del agua tratada

La disposición final del agua tratada de la PTAR se hará en dos partes, la primera destinada a la reutilización como agua de servicios y la segunda enviada al canal Ate que sirve para regadío.

## Condiciones climatológicas

El clima de Lima es subtropical (desértico y húmedo). En todo el litoral de la ciudad durante los meses de mayo a diciembre se presenta como nublado, esta masa de nubes se debe a la presencia de la Corriente de Humboldt que transporta aguas frías por lo que reduce la temperatura del medio ambiente. La precipitación en la ciudad es de 7mm promedio anual.

## 1.4 ESPECIFICACIONES TECNICAS

### 1. Rejillas

Las rejillas se ubican en los canales de pre tratamiento y estas son de dos tipos: Rejas Medianas y Rejas Finas, en ambos casos se trata de rejas mecanizadas. En caso estas se encuentren en mantenimiento al agua cruda pasara por un canal by pass que tiene rejas Estáticas Medianas con una inclinación de 45° y con un claro de luz de 10mm.

Las Rejas Medianas (RJM-01 A/B) tienen la capacidad de detener cualquier tipo de desecho que sea mayor a 10 mm y las Rejillas Finas (RJM-02 A/B) son del tipo escalera.

Ambos tipos de rejas cuentan con un tornillo transportador y lavador (TRH-01,02)

Los canales de pre tratamiento, tanto los principales como el secundario, tienen la capacidad de flujo máximo horario de 88 514.67 m<sup>3</sup>/día. Estos canales son separados por compuertas manuales.

### 2. Desarenadores

Los desarenadores se ubican en la zona de pre tratamiento y tienen la función de extraer grava y arena, estos desarenadores son circulares del tipo Vórtex (DTV-01 A/B) que contienen agitadores mecánicos en acero (AGV-01 A/B), bombas air-lift (COM-01 A/B) que tienen la función de extraer la arena de la tolva.

Para obtener una óptima separación entre la arena y agua residual se tiene a un clasificador de arenas (CDA-01)

La capacidad de cada desarenador es del 88 514.67 m<sup>3</sup>/día

### 3. Medición de caudal - Parshall

La medición del caudal será considerando un medidor Parshall del régimen crítico (CMP-01) y estará ubicado después del desarenador.

El ancho de la garganta del medidor será de 0.914 m.

### 4. Cárcamo de Bombeo de Agua Cruda

Después del medidor de caudales el agua pre tratada ingresa por gravedad al cárcamo de agua cruda (CBC-01), que es como un tanque de concreto armado el cual contiene cinco bombas sumergibles del tipo centrifuga (BSM-01 A/B/C/D/R), estas bombas tienen la finalidad de llevar las aguas pre tratadas hacia la caja de distribución (CDD-01) del reactor biológico

Las dimensiones del cárcamo de agua cruda son de 10x7.50x4.80m

Además se encuentran dos desengrasadores (DSG-01 A/B) que tiene la finalidad de eliminar las grasas a un 60%.

### 5. Reactor Biológico

El objetivo del reactor biológico es poder oxidar constituyentes biodegradables. Este reactor tiene dos procesos por lo que está dividido en reactor anóxico (RAX-01 A/B) y reactor aeróbico (RAE-01 A/B)

- **Reactor Anóxico**

Su principal función es desnitrificar el agua pre tratada que viene de la caja de distribución (CDD-01), en este reactor se encuentran 04 mezcladores sumergibles (AGH-01 A/B/C/D).

Existen dos tipos de recirculación: interna y externa y está diseñado para un flujo promedio 37,826.78 m<sup>3</sup>/día).

La primera recirculación se da desde el reactor aeróbico (RAE-01 A/B) la cual proporciona nitratos en donde se obtiene el oxígeno para realizarse el tratamiento anóxico, esta recirculación se da mediante bombas axiales (BAX-01 A/B)

La segunda recirculación es la que viene del cárcamo de bombeo de lodos (CBC-02) y que es enviada por bombas centrifugas horizontales (BCM-01 A/B) hacia la caja de distribución del reactor (CDD-01)

- **Reactor Aerobio**

El proceso que se da en este reactor es el llamado “lodos activados” del tipo aireación extendida. El reactor aeróbico (RAE-01 A/B) está dividido en dos módulos un donde cada uno tiene un volumen útil de 21,600 m<sup>3</sup>.

En el fondo de reactor aeróbico se encuentran difusores (DIF-01 A/B) que son alimentados por sopladores (SOP-01 A/B/C/D/R y SOP-02 A/B) que tienen la función de enviar oxígeno a los microorganismos y mantener la mezcla en el reactor. La cantidad de oxígeno necesario es de 1799.68 kg/hr.

## **6. Sedimentadores**

Del reactor aeróbico fluye por gravedad a la caja de distribución de clarificadores (CDD-02) para entregar el licor mezclado a los clarificadores secundarios (CSS-01 A/B)

Estos clarificadores tienen un volumen útil de 7,155.97 m<sup>3</sup> y son de forma circular que tienen vertederos en la parte superior por donde es evacuada el agua de los sedimentadores.

Dentro de los clarificadores o sedimentadores existe una rastra superficial que tiene la finalidad de recolectar las natas y espumas que son enviadas a cárcamo de bombeo de retorno (CBC-02)

## **7. Filtros de Arena**

El agua que sale de los clarificadores será llevada por gravedad hacia el filtro de arena que tiene la finalidad de remover los huevos de helminto (regulados por la norma ambiental) y otros sólidos que no fueron removidos anteriormente.

Este módulo consiste en 06 filtros de arena (FMM 01 A/B/C/D/E/F) con un flujo promedio de 37,826.78 m<sup>3</sup>/día.

El retro lavado se realizará con bombas (BCM-03/03R) y con un ciclo de duración de 8 min, el agua se llevará por gravedad hacia el cárcamo de drenados (CBC-03) que cuenta con bombas sumergibles (BSM-02/02R) que enviaran esta agua hacia el cárcamo de bombeo de agua cruda (CBC-01)

## **8. Desinfección**

Después de los filtros de arena el agua pasa a la cámara de contacto de cloro, en donde se empleara gas cloro para eliminar microorganismos.

La cámara de contacto está compuesta por laberintos por donde pasara el agua que será terminara al cárcamo de agua de servicios (CBC-04), esta agua será reutilizada

para diversas áreas de la planta mediante bombas centrifugas horizontales (BCM-02/02R) y un hidroneumático (DHR-01)

El consumo requerido es de 9.46 kg/hr para flujo promedio y de 22.13 kg/hr para flujo máximo, esta dosificación se realizara desde la caseta de cloración en donde se tienen equipos de cloración (SDD-01/01R).

### **9. Efluente**

Después del cárcamo de agua de servicios el agua pasa por un medidor de caudal del tipo Parshall.

Los parámetros del efluente deberán tener las siguientes características:

DQO: 0.058 kg/m<sup>3</sup>

DBO: 0.014 kg/m<sup>3</sup>

SST: 0.010 kg/m<sup>3</sup>

### **10. Espesador de lodos**

Los lodos son transportados desde el cárcamo de lodos (CBC-02) con bombas centrifugas

(BCM-01 A/B/AR/BR) hacia los espesadores (ESG-01 A/B). La concentración esperada es de 7.5 kg/m<sup>3</sup> de SST a un ratio de 71.19 m<sup>3</sup>/hr. Los residuos de los espesadores son enviados por gravedad al cárcamo de bombeo de agua cruda (CBC-01).

Después de los espesadores los lodos son enviados a través de bombas de cavitación progresiva (BCP-01 A/B/R) hacia el edificio de centrifugas donde los lodos son deshidratados.

### **11. Deshidratación**

La deshidratación se hace con la finalidad de optimizar el manejo de los lodos residuales para disminuir los costos de transporte. Esta deshidratación se realiza mediante dos centrifugas decantadoras (CEN-01 A/B) cuya capacidad es de 521,588 kg/hr.

### **12. Tratamiento y control de olores**

Los malos olores serán manejados mediante un sistema biotecnológico (biofiltros), que se basan en la interacción del gas con el medio orgánico. Los biofiltros se ubicaran en la zona de pre tratamiento y serán cuatro biofiltros (BIO-01 A/B y BIO02 A/B) que sirven para tratar la atmosfera de canales de pre tratamiento y los dos siguientes para tratar la atmosfera del cárcamo de bombeo de agua cruda (CBC-01)

El gas introducido se realizara con sopladores tipo Booster (EXT-01 A/B/R)

## 1.5 NORMAS AMBIENTALES

El diseño y la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales debe cumplir con todos los lineamientos ambientales, de otro modo se puede incurrir en impactos ambientales, a continuación se muestran las principales normas que se deben cumplir. Para mayor detalle ver Anexo A.01 de Normas Ambientales que obedece al marco legal e institucional del país

### NORMAS NACIONALES

La constitución Política del Perú es la norma legal de mayor envergadura que regula todas las actividades que se presentan en nuestro país.

- **Ley N° 29338 “Ley General de Recursos Hídricos”.**

En esta ley se pretende regular recursos hídricos que comprenden al agua continental, ya sea superficial o subterránea.

Además se define la licencia de uso de agua en el cual el ANA (autoridad nacional del agua) otorga facultades de uso de esta agua, así como lo referido al vertimiento de aguas residuales tratadas que deberán cumplir con los ECAs vigentes.

- **Ley N° 28611 “Ley general del Ambiente”**

Señala que toda persona tiene derecho de vivir en un ambiente saludable y que los recursos naturales son propiedad del estado.

Además señala la necesidad de contar con estudios de impacto ambiental y que toda construcción que genera un impacto significativo en el medio ambiente deberá estar sujeto al sistema nacional de evaluación de impacto ambiental (SEIA)

En cuanto al cierre de actividades señala que se deben tomar medidas para prevenir o evitar impactos negativos

Respecto a las emisiones, efluentes y descargas así como los impactos que se generen en el medio ambiente deberán ser asumidos por el responsable de la operación de las actividades; sin embargo, menciona que existe un riesgo compartido entre los titulares de la operación así como los profesionales o técnicos que elaboraron el expediente.

También menciona que el ente que el estado deberá asegurar la vigilancia y protección de aguas con fines de abastecimiento poblacional y que se promoverá el tratamiento de aguas residuales con fines de reutilización garantizando la calidad necesaria.

Por otro lado indica que el estado asume la responsabilidad de autorizar el vertimiento de aguas residuales, pero solo en el caso que no se produzca deterioro ni afecte la reutilización.

- **Legislativo N° 635, del 08 -04- 91”Delitos contra la Ecología”,**

Establece que toda persona que vierta residuos sólidos que sobrepasen límites permitidos, deberán ser reprimidos con una pena privativa de la libertad.

- **Ley N° 26821 “Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los RRNN”,** publicada el 26 de junio de 1997.

Esta ley promueve y regula el aprovechamiento de recursos naturales renovables y no renovables de modo que se establezca un equilibrio entre la economía y la preservación de recursos naturales.

**Ley N° 26786 “Ley de Evaluación de Impacto Ambiental para Obras y Actividades”,** del 13-05-1997.

Menciona que los ministerios comunicaran al Consejo Nacional del Ambiente la regulación en este aspecto.

**Ley N° 27314 “Ley General de Residuos Sólidos”,** del 21-07-2000.

Establece los derechos, atribuciones y responsabilidades para un adecuado manejo de los residuos sólidos.

**Ley N° 28256 Ley que regula el transporte de materiales y residuos peligrosos,** del 18/06/04

Esta ley regula los procesos, actividades y operaciones en cuanto al transporte terrestre de materiales peligrosos de modo de prevenir daños a terceros, propiedad o medio ambiente..

**Ley N° 27446 “Ley del Sistema Nacional de Evaluación del Impacto Ambiental”,** del 23-04- 2001.

Establece los mecanismos para identificar, prevenir, supervisar y controlar los impactos ambientales que provienen de proyectos de inversión, en donde se detalla las categorías dependiendo del nivel de riesgo y/o impacto ambiental.

**Decreto Legislativo N° 757 “Ley Marco para el Crecimiento de la Inversión Privada”,** del 13-11-91.

Una de las funciones más importantes del estado es equilibrar el desarrollo socioeconómico, medio ambiente y uso de recursos naturales.

**Ley N° 27117 “Ley General de Expropiación”**

Esta ley permite la transferencia de derecho de propiedad privada al estado que tienen que ser autorizada únicamente por ley expresa del Congreso de la República previo pago efectivo de la indemnización.

**Ley N° 27972 “Ley Orgánica de Municipalidades”,** del 23-05-2003.

Menciona que la Municipalidad es la unidad de gestión local y que representan al vecindario, promoviendo la adecuada prestación de servicios públicos.

**La Ley N° 28221,** vigente desde el 12 de mayo del 2005,

La autorización de deposición de aguas en cauces de ríos o álveos provenientes de extracción de materiales es por parte de la municipalidad quien además tiene derecho al cobro por las mismas.

Además, puede suspender las actividades si se contaminan gravemente el medio ambiente.

**D.S. N° 085 – 2003 - PCM “Reglamento de Estándares Nacional de Calidad Ambiental para Ruido”**

Establece los estándares y límites permisibles de ruido considerando la zona y el horario. En la siguiente tabla se presentan dichos valores.

**D.S N° 074-2001-PCM “Reglamento de Estándares Nacionales de Calidad Ambiental del Aire”.**

Regula la protección de la calidad del aire, proporciona medidas de mejoramiento, y menciona los mecanismos para informar y educar a la población con respecto a buenas prácticas.

**D.S N° 009-2005-TR “Reglamento de Seguridad y Salud en el trabajo”**

Establece el derecho de los trabajadores a buenas condiciones de trabajo considerando un ambiente seguro y saludable; además señala las responsabilidades e implicancias económicas legales del no cumplimiento.

**Ley N° 26338 “Ley General de Servicios de Saneamiento”**

Establece disposiciones generales, organismos de regulación y prestación de servicios, tarifas y estado de emergencia.

**R.S del 17/12/1946 “Reglamento de los Requisitos oficiales físicos, químicos y bacteriológicos que deben reunir las aguas de bebida para ser consideradas potables”**

Indica los requisitos sobre características físico químicas como la turbidez, color, olor, sabor y presencia de minerales.

**D.S N° 028-60-S.A.P.L “Reglamento de Desagües Industriales”, del 1° de diciembre de 1960.**

Menciona que está prohibida la descarga de residuos industriales al alcantarillado público, ya sea basuras, restos de comidas, gasolinas, solventes, arenas, etc. Sin embargo, indica que podrán realizarse descargas industriales siempre y cuando cumplan con los requisitos establecidos en este reglamento.

**D.S. N° 021-2009-VIVIENDA “Valores Máximos Admisibles De Las Descargas De Aguas Residuales No Domesticas En El Sistema De Alcantarillado Sanitario”**

Establece los valores máximo permisibles para la descarga de residuos sólidos No domésticos referentes a sustancias y/o parámetros físico químicos.

## **NORMAS INTERNACIONALES**

### **Normas de la OMS, referente a la calidad del agua**

Indica las guías referentes a la calidad de agua potable, responsabilidades y mitigación de riesgos; además indica los diferentes patógenos que son transmitidos por el agua.

Establece los mecanismos o procedimientos a seguir en situaciones de emergencia y catástrofes referentes a agua envasada, sistemas de desalinización, transformación de alimentos, salubridad en grandes edificios.

### **Normas de la EPA (Environmental Protection Agency), USA**

Establece los mecanismos de protección para el suministro de agua potable, informa sobre contaminantes en agua potable, plantas de tratamiento de aguas de residuos sólidos y protección de aguas subterráneas.

## 2 PRESUPUESTO DE LA OBRA

### 2.1 GENERALIDADES

En este capítulo se presenta el presupuesto de la planta de tratamiento de aguas residuales para lo cual se han considerado los metrados y costos indirectos, donde se identifican la lista de materiales necesarios, previsión de mano de obra, equipos, subcontratos, etc.

### 2.2 METRADOS

Los metrados es la cuantificación de trabajos a ejecutar, para ello se ha considerado la norma técnica de Metrados para Obras de Edificación y Habilitaciones Urbanas. En general la cantidad de materiales es definida por el diseño o la ingeniería del proyecto y que corresponde a planos, especificaciones técnicas, memorias descriptivas, etc.

Listado de metrados:

1. Metrados de Obras Civiles (Ver Anexo A.02)
2. Metrados de Equipamiento (Ver Anexo A.03)

### 2.3 COSTOS DIRECTOS

El costo directo es la suma de los costos de mano de obra, materiales, equipos, subcontratos, etc. Que se requieren para ejecutar una obra. En general un costo es todo aquello que genera un ingreso (en el presente o futuro) mientras que el gasto es todo lo que no está asociado al producto final. Por ejemplo para la ejecución de una placa de los reactores de la planta de tratamiento los costos incurridos serian mano de obra, materiales (acero, concreto premezclado, encofrado, etc.), equipos (grúa), mientras que el gasto vendría el alquiler de oficinas para el personal staff, pago de servicios (agua, luz, internet, etc).

#### 2.3.1 Costo de Materiales

Los precios de los insumos o materiales han sido obtenidos de la información brindada por los proveedores y son generalmente pre-establecidos. Cabe mencionar que al tratarse de una planta de tratamiento existe una diversidad de equipos (entendiéndose como tales los necesarios para la operación y funcionamiento de la planta y no para la

construcción). Estos son importados para lo cual previamente se tienen que definir una Procura de los mismos. Ver el listado de materiales en el Anexo A.04.

### 2.3.2 Costo de Mano de Obra

El costo de la mano de obra debe obtenerse considerando el costo de un obrero de construcción civil (expresado en horas hombre) asociado al rendimiento proyectado para ejecutar determinadas labores.

Además debe considerarse en los salarios de los obreros las correspondientes categorías, ya sean capataces, operarios, oficiales o peones. Esto se muestra en la tabla de salarios y beneficios sociales (Ver Tabla N°03), definido por Capeco y la Federación de Trabajadores de Construcción Civil. A continuación se muestra la curva de empleo de mano de obra en el grafico N°01

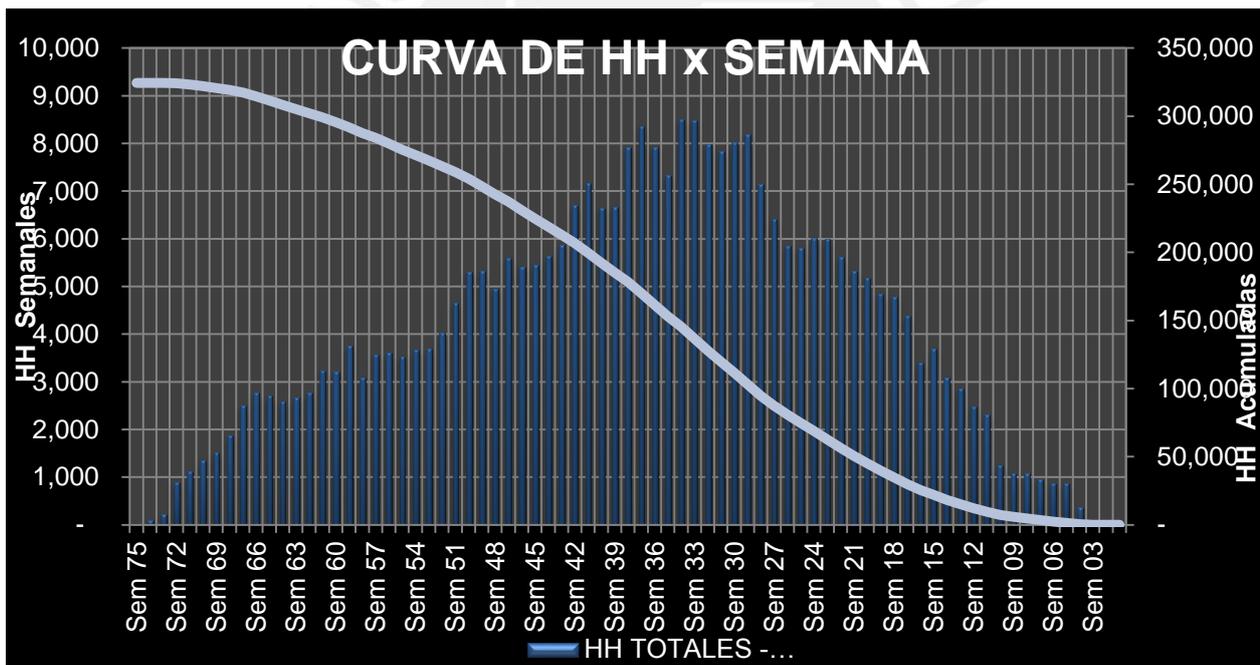


Grafico N°01 Curva de Empleo de Mano de Obra

El sustento de la curva de mano de obra prevista se puede visualizar en el Anexo A.05, En el grafico la curva de mano de obra se encuentra en orden invertido es decir comienza de izquierda a derecha.

### 2.3.3 Costo de Equipos

De forma similar a la mano de obra, para el cálculo del costo de los equipos se considera el costo hora-máquina y el rendimiento que es un factor variable. Se debe considerar los costos de alquiler (tarifas) o costos de mantenimiento, depreciación, seguros, costo de posesión, etc. A continuación se muestra el ABC de equipos, donde puede identificar a los equipos con mayor impacto en el costo del proyecto.

ABC – EQUIPOS				
Item	Equipos	Incidencia	Incidencia Acumulada	Tipo
1	Excavadoras	23.8%	24%	A
2	Camión Volquete	16.3%	40%	
3	Cargador Frontal 966 o similar (200hp - 275 hp)	16.0%	56%	
4	Grupo Electrónico 10 kw	8.5%	65%	
5	Grúa Reticulada sobre Llantas de 30 ton	8.4%	73%	
6	Herramientas	5.5%	79%	B
7	Moto soldadora	4.7%	83%	
8	Camión Grúa de 8 ton	4.2%	87%	
9	Encofrado Metálico	3.3%	91%	
10	Bomba de Agua de Alta Presión	2.2%	93%	
11	Vibrador	1.5%	95%	
12	Andamio	1.1%	96%	C
13	Camión Plataforma 20 ton	1.0%	97%	
14	Motoniveladora 125 h o similar	0.5%	97%	
15	Dobladora de hidráulica de tubos hasta 2"	0.5%	98%	
16	Zaranda de Gravedad Estática	0.4%	98%	
17	Motobomba de Agua hasta 10 hp	0.3%	98%	
18	Cama Baja 35 ton	0.3%	99%	
19	High-Pot	0.2%	99%	
20	Rodillo liso CAT CS533	0.2%	99%	
21	Roscadora Eléctrica hasta 4"	0.2%	99%	
22	Torre de Iluminación	0.1%	99%	
23	Mezcladora de Concreto	0.1%	99%	
24	Sierra Circular	0.1%	100%	
25	Máquina de Soldar (p/Electrodo) Estática Trifásica	0.1%	100%	
26	Cizalla p/varillas de Acero	0.1%	100%	
27	Sacabocado Hidráulico	0.1%	100%	
28	Equipo de Corte Oxi-Acetileno	0.1%	100%	
29	Equipo para Prueba Tuberías	0.1%	100%	
30	Tecla de Cadena 5 ton	0.1%	100%	
31	Tablero de Distribución Eléctrica	0.0%	100%	
32	Camión Hiab 12 ton	0.0%	100%	
		100.00%		

Tabla N°04: ABC de Equipos

#### **2.3.4 Costo de Herramientas**

Los costos de las herramientas menores son calculados generalmente como el 5% de la mano de obra. Estos vendrían a ser picos, lampas, carretillas, etc. En este costo generalmente está incluido el desgaste de las mismas.

#### **2.3.5 Análisis de Precios Unitarios**

Los análisis de precios unitarios se pueden visualizar en el Anexo A.07

#### **2.3.6 Presupuesto por Partidas**

El Presupuesto por Partidas se muestra en el Anexo A.06 y el Análisis de Precios Unitarios se puede visualizar en el Anexo A.07.

### **2.4 COSTOS INDIRECTOS**

Los costos indirectos son aquellos que no están incluidos en las partidas, y que están referidos a gastos generales y utilidad.

#### **2.4.1 Gastos Generales**

En los gastos generales se consideran los gastos administrativos, financieros (intereses, garantías, fianzas, tipo de cambio).

Además deben incluirse los siguientes gastos:

- Gastos de licitación
- Gastos notariales
- Licencias, autorizaciones
- Seguros
- Salarios del personal staff.
- Útiles de oficina
- Alquileres
- Servicios
- Alimentación
- Equipos de Oficina (computadoras, impresoras, proyectores, licencias de software, plotter, etc.)

- Mueblería (escritorios, sillas, mesas, pizarras, estantes, etc.)
- Seguridad.

A continuación se muestra el detalle de gastos generales a nivel de staff proyectados:

AREA	CARGO	UND	SALARIO
GERENCIA	GERENTE DE PROYECTO (50%)	Mes	9,671.50
	GERENTE DE CONSTRUCCION	Mes	19,380.54
PRODUCCION	RP EEMM	Mes	15,147.00
	ASISTENTE EEMM	Mes	7,350.01
	RP PTAR	Mes	14,611.50
	ASISTENTE CAMPO	Mes	4,200.00
	RP POZOS	Mes	10,000.00
	RP PTAR	Mes	6,196.50
	ASISTENTE CAMPO	Mes	2,613.34
	ASISTENTE CAMPO	Mes	1,960.00
ADMINISTRACION	RP ALMACEN	Mes	5,355.00
	AYUDANTE LIMPIEZA	Mes	1,344.00
	CONTROLADOR DE COMBUSTIBLE	Mes	1,624.00
	LOGISTICA	Mes	7,650.00
	ASISTENTE LOGISTICA	Mes	1,960.00
	ADMINISTRACION PERSONAL	Mes	6,167.48
	ASISTENTA SOCIAL	Mes	3,640.00
	MENSAJERO SAFETY	Mes	1,790.00
	SECRETARIA DE PROYECTO	Mes	2,448.00
OFICINA TECNICA	CONTROL DE COSTOS	Mes	6,120.00
	JEFE DE OFICINA TECNICA	Mes	8,491.50
	CONTROL DE AVANCES	Mes	5,202.00
	CONTROL DE AGREGADOS	Mes	5,202.00
	PLANEAMIENTO	Mes	5,202.00
	SUBCONTRATOS	Mes	3,920.01
	CONTROLADOR	Mes	1,120.00
	INGENIERIA/VALORIZACIONES	Mes	6,885.00
INGENIERIA	CADISTA PTAR	Mes	4,984.00
	CADISTA PTAR	Mes	4,284.00
	CADISTA OG	Mes	4,984.00
	CADISTA OG	Mes	4,704.00
	VALORIZACIONES	Mes	2,590.00
EQUIPOS	EQUIPOS	Mes	5,355.00
	MECANICOS	Mes	2,500.00
	MECANICOS	Mes	2,500.00
PREVENCION DE RIESGOS	PDRGA	Mes	6,120.00
	MONITOR PDRGA	Mes	2,500.00
	MONITOR PDRGA	Mes	2,500.00
CALIDAD	CONTROL DE CALIDAD	Mes	7,350.01
	ASISTENTE DE CALIDAD	Mes	2,520.00

<b>ADM.CONTRACT</b>	ADMINISTRACION CONTRACTUAL	Mes	11,678.35
<b>CAMPAMENTO</b>	AYUDANTE LIMPIEZA	Mes	1,260.00
	AYUDANTE LIMPIEZA	Mes	1,260.00
<b>CHOFERES VIGILANTES</b> /	CHOFER MATERIALES	Mes	1,460.00
	CHOFER LOGISTICA	Mes	1,460.00
	CHOFER PERSONAL SEGURIDAD	Mes	1,460.00
	VIGILANTE CONSORCIO	Mes	870.00

Tabla N°05: Gastos Generales - Staff

A continuación mostramos los gastos generales tales como alquileres de vehículos, oficinas, gastos operativos, alimentación, servicios, otros.

FAMILIA	RAZON SOCIAL	UND	COSTO \$/.
ALQUILER VEHICULOS (VEHICULOS COMBUSTIBLE MOVILIDAD PASAJES ESTACIONAMIENTO)	CAMIONETA 1 - OBRAS CIVILES	mes	6,190.00
	CAMIONETA 2 – EEMM	mes	6,190.00
	CAMIONETA ZAMBRANO – PTAR	mes	6,190.00
	CAMIONETA 4 – GERENCIA	mes	6,190.00
	VAN 1	mes	6,940.00
	VAN 2	mes	6,940.00
ALQUILER OFICINAS	QUILLAMA POLO AMADOR ELIAS	mes	1,800.00
	TRAMICORP S.A.C.	mes	4,850.00
GASTOS OPERATIVOS INFRAESTRUCTUA DE OPERACIÓN /	EQ.COMPUTO	mes	50.00
	IMPRESIONES / FOTOCOPIAS	mes	5,000.00
	CAJA CHICA	mes	10,000.00
	GASTOS OPERATIVOS	mes	11,000.00
	MATERIALES	mes	20,000.00
	TELEFONIA FIJA	mes	1,000.00
TELEFONIA MOVIL	mes	60.00	
ALIMENTACION	AGUA	mes	2,500.00
	ALIMENTACION	mes	80.00
CALIDAD / PDRga / TOPOGRAFIA	MONITOREO AMBIENTAL	mes	8,000.00
	QA/QC (PRUEBAS / ENSAYOS)	mes	10,000.00
	EQ.TOPOGRAFIA	mes	500.00
	MONITOREO ARQUEOLOGICO	mes	9,000.00
GASTOS SERVICIOS SEGUROS /	GASTOS CELEBRACIONES	mes	4,000.00
	GASTOS NOTARIALES	mes	1,000.00
	SERVICIOS CONTABLES	mes	17,500.00
	SERVICIOS INFORMATICOS	mes	17,000.00
	POLIZA CAR	mes	15,000.00
PERSONAL OTROS	PLANILLA RCC	mes	2,700.00
	SEGURIDAD	und	25,000.00
	APOYO POLICIAL	dia	6,000.00

Tabla N°06: Detalle de Gastos Generales Proyectados

### 2.4.2 Utilidad

La utilidad es un monto que está dado por el contratista y que está definido como un porcentaje de costo directo total. Así mismo, forma parte del movimiento de la empresa y está destinada a pagar dividendos a los inversionistas y/o reinvertir. También puede ser definido como la diferencia de los ingresos y los egresos.

Para el cálculo de la utilidad se consideran varios factores tales como:

- Complejidad de la obra: Está relacionado con el cumplimiento considerando características especiales de la obra, tales como ubicación, clima, poblaciones aledañas, logística, estructuras especiales, etc.
- Plazos para ejecución: dependiendo del plazo la obra podría necesitar un mayor financiamiento, o variaciones en el tiempo de los costos de los materiales debido a la inflación.
- Experiencia en proyectos similares: Que podría reflejarse en encontrar mejores y eficaces soluciones a determinados problemas.
- Capacidad financiera: se debe considerar la variación del flujo de caja y el impacto en la capacidad financiera de la empresa, que podría necesitar financiamientos con sus respectivos intereses.
- Características del cliente: relativos a su capacidad de pago, prestigio en el mercado, interés por futuros proyectos, etc.

En general cuanto mayor es el riesgo del proyecto, la utilidad esperada será mayor.

## 2.5 PRESUPUESTO

El presupuesto de la obra considera metrados, precios unitarios, análisis de precios unitarios, gastos generales y utilidad. Es decir todo el ítem señalado líneas arriba.

## 2.6 FORMULA POLINÓMICA

La fórmula polinómica permite hacer un reajuste a las valorizaciones en concordancia a la variación de los precios de los materiales o recursos que se necesitan en la obra considerando el factor tiempo. No es lo mismo construir una planta de tratamiento el 2009 (crisis económica internacional) que en el 2012. El detalle de la formula Polinómica se puede visualizar en la Tabla N°07

### 2.6.1 Estructura de la Formula Polinómica

Existen algunas consideraciones para la formula polinómica que se han tomado convencionalmente.

- La cantidad de monomios no debe ser mayor a ocho.
- Los coeficientes de incidencia deben sumar 1.00 y deben estar expresados en tres cifras significativas.
- Se debe considerar la ubicación o zona geográfica.
- Los coeficientes de los monomios deben ser mayores a 0.05 preferentemente.

<b>FORMULA POLINÓMICA</b>					
$K = 0.118*(AAr / AAo) + 0.051*(ATTr / ATTo) + 0.156*(MMHr / MMHo) + 0.168*(Dr / Do) + 0.127*(CAAr / CAAo) + 0.186*(Jor / Joo) + 0.194*(GGUr / GGUo)$					
Monomio	Simbolo	Incidencia	IU	Descripción	% Particip
1	AA	0.118	05	Agregado Grueso	30.508%
			06	Alambre y Cable de Cobre Desnudo	69.492%
2	ATT	0.051	65	Tubería de Acero Negro y/o galvanizado	12.866%
			72	Tubería de PVC	84.621%
			03	Acero de Construcción corrugado	2.513%
3	MMH	0.156	48	Maquinaria y Equipo Nacional	66.242%
			49	Maquinaria y Equipo Importado	29.794%
			37	Herramienta Manual	3.964%
4	D	0.168	30	Dólar	100.000%
5	CAA	0.127	23	Cemento Portland Tipo V	100.000%
6	J	0.186	47	Mano de Obra (Incluida Leyes Sociales)	100.000%
7	GGU	0.194	39	Índice General de Precios al Consumidor (INEI)	100.000%

Tabla N°07: Formula Polinómica

### 3 PLANEAMIENTO Y CONTROL DE OBRA

#### 3.1 CONSIDERACIONES GENERALES

Un proyecto de construcción requiere de una adecuada planificación y control de proyectos de modo de garantizar el éxito del mismo.

La planificación del proyecto debe considerar lo siguiente: Alcance, plazo, costo, logística, calidad, control financiero, administración contractual y prevención de riesgos así como las etapas y frentes del proyecto, los recursos que se necesitaran y la definición de actividades críticas.

En el planeamiento se debe identificar y analizar los siguientes elementos:

1. Alcance del proyecto
2. Hitos del proyecto
3. Principales Restricciones que puedan originar retrasos con el inicio de obra, en especial los relacionados con el cliente.
4. Establecer procedimientos constructivos y/o frentes de trabajo.
5. Identificación de la ruta crítica.
6. Planeamiento geométrico del proyecto (layout).
7. Determinación de recursos a emplear (mano de obra, equipos, materiales, subcontratos)

Determinación de la Organización e Infraestructura:

1. Definición de la estructura de control (EDT): Estructura de control de trabajo, costos, avances,
2. Logística.
3. Calidad.
4. Prevención de riesgos y medio ambiente.
5. Administración
6. Responsabilidad Social.
7. Ingeniería de Detalle.

Organigrama:

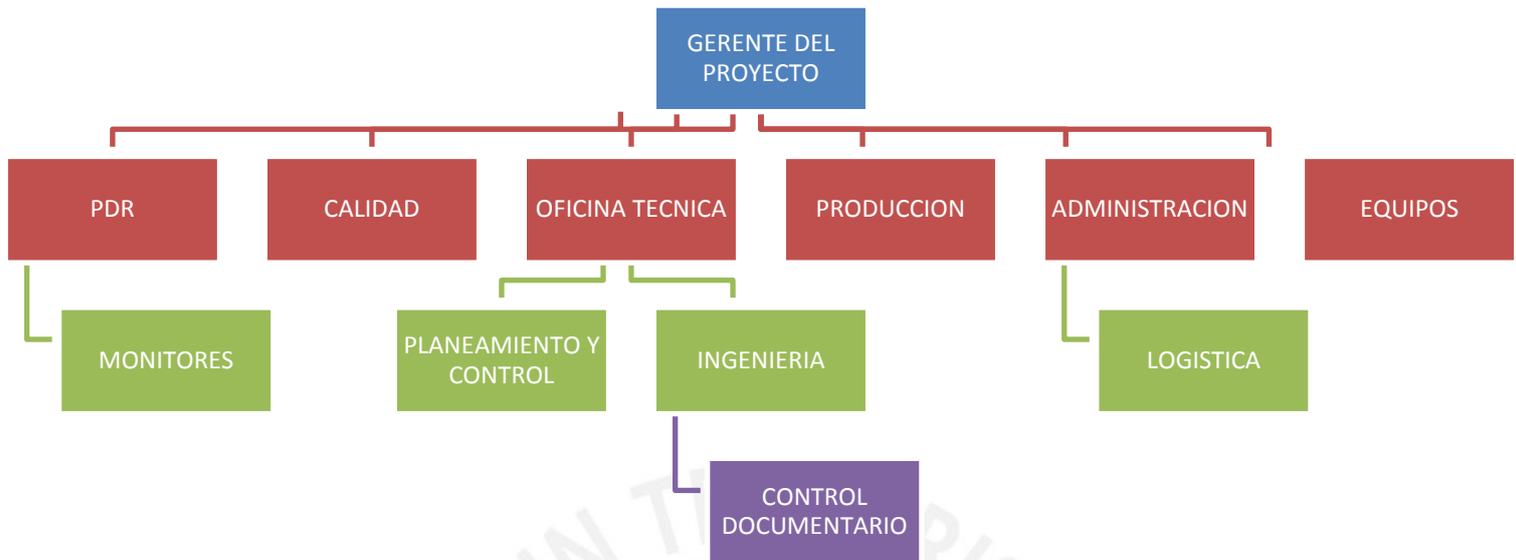


Grafico N°02: Organigrama del Proyecto

Infraestructura:

En concordancia con las necesidades del proyecto se realiza el dimensionamiento y equipamiento de las oficinas, talleres y almacenes. Donde se considera la energía, suministro de agua, transporte de personal, póliza de seguros, computadoras, laptops, impresoras, plotters, escritorios, muebles, etc.

### 3.2 FORMAS DE ABORDAR EL PROYECTO – MODALIDAD: CONCURSO OFERTA (LICITACIÓN PÚBLICA)

En un proyecto como la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales la ingeniería se puede dividir en 03 etapas: Ingeniería de procesos, ingeniería básica e ingeniería de detalle. La primera se entiende como aquella que evalúa, desarrolla y diseña el proceso del tratamiento de las aguas residuales, en esta etapa se modelan y simulan los procesos y es indispensable para la ingeniería básica; en la segunda etapa se elaboran los planos y especificaciones técnicas; finalmente en la tercera etapa se detalla la ingeniería básica, es decir se desarrollan los planos constructivos, dimensionamientos, isométricos, etc.

Considerando lo mencionado se definen dos alternativas para abordar un proyecto de esta modalidad.

- La primera forma de abordar un proyecto EPC es considerando una fase de diseño en donde se tiene una ingeniería de procesos, ingeniería básica e ingeniería de detalle y una fase de construcción tal como se muestra en el siguiente gráfico.

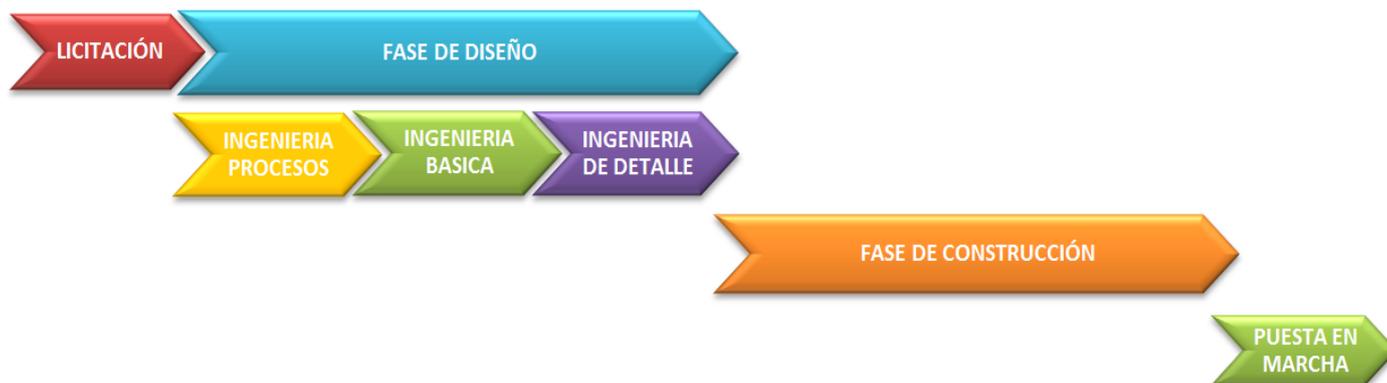


Grafico N°03: Modalidad tipo convencional de abordar un proyecto

- La segunda forma de abordar el proyecto EPC es bajo la modalidad Fast Track en donde se inicia el proceso de construcción casi en simultáneo al desarrollo de la ingeniería de detalle. Esto permite disminuir el plazo de ejecución de obra. A su vez implica un mayor riesgo y un mayor compromiso con la ingeniería de detalle.



Grafico N°04: Modalidad tipo Fast Track para abordar un proyecto

La modalidad optada para este proyecto es Fast Track y tal como se puede apreciar en los gráficos anteriores se muestra una disminución del plazo del

proyecto debido a la que la construcción se inicia en paralelo con la ingeniería de detalle.

En este caso se plantea una serie de recomendaciones para el desarrollo de la ingeniería de detalle, si esta no se desarrolla correctamente podría impactar directamente con el costo y plazo del proyecto, ya sea presentando incompatibilidades, cambios inesperados, etc. El desarrollo de este tema se verá en el capítulo 4.11 (desarrollo de la ingeniería de detalle)

### 3.3 ANÁLISIS DE STAKEHOLDERS DEL PROYECTO

En un proyecto de construcción, como en cualquier otro proyecto, existen diversos interesados en el desarrollo del mismo, estos pueden ser: el cliente, supervisión, la sociedad, entidades reguladoras, empleados, obreros, socios, usuarios finales, etc.

Es importante identificar a los interesados del proyecto, así como sus expectativas, ya que ellos pueden influenciar o afectar positiva o negativamente en el proyecto. Por ejemplo: se debe identificar a los representantes del sindicato, ya que es necesario saber cuáles son sus principales intereses, de ese modo se pueden tomar las acciones adecuadas oportunamente.

Para ello se plantea el siguiente análisis de Stakeholders del proyecto, en el que se muestran las expectativas de los interesados así como al responsable o gestor de los Stakeholders.

Un Stakeholder importante en este tipo de proyectos es el ANA (Autoridad Nacional del Agua), quien es la autoridad técnico normativa del sistema nacional de gestión de recursos hídricos (Autoridad Nacional de Agua, 2012) quien da la autorización para el vertimiento de aguas residuales tratadas, en la actualidad en nuestro país existe un vacío legal – administrativo que impide realizar este trámite con normalidad, lo que ocasiona retrasos, demoras y/o paralización de actividades que afectan al usuario final, el consumidor.

MATRIZ DE INFLUENCIA DE STAKEHOLDERS

	Nombre	Rol	Expectativas	Gestor de stakeholders
Cliente	SEDAPAL	Cliente	Cumplir con el plazo y el costo del proyecto	Gerente de Proyecto
			Satisfacer la necesidad de agua y desagüe en la zona del proyecto.	
	Corpei	Supervisión	Cumplir con el plazo, costo, calidad. Alcances del proyecto sin accidentes	Jefe Supervisor
			Satisfacción del cliente	
Sociedad	Usuarios Finales	Población	No verse afectados por un impacto ambiental	Gerente de Proyecto - Jefe de Intervención Social
			Obtener agua y desagüe dentro del plazo esperado	
			Expectativa de trabajo	
	Sindicato	Representante de Trabajadores	Respeto de derechos laborales	Jefe de Administración
			Introducir la mayor cantidad posible de personal sindical	
Entidades Reguladoras	Municipalidad de Ate	Regulador de viabilidad de tránsito	Regular el cierre de calles	Jefe Oficina Técnica
			Cumplir con los requisitos funcionales - Permisos	
			Evitar interrupciones vecinales	
	ANA	Autoridad Nacional del Agua	Regular el aprovechamiento y sostenibilidad de los recursos hídricos	
	MTPE	Regulador de leyes laborales	Asegurar condiciones adecuadas de trabajo	

Tabla N°08 Matriz de Influencia de Stakeholders

### 3.4 REUNIÓN DE INICIO CON EL CLIENTE

A inicio del proyecto es importante llevar a cabo una reunión de inicio con el cliente “Kick off Meeting” (KOM) esto con la finalidad de fijar objetivos de manera conjunta con el cliente. Así mismo se fijan los canales de comunicación a diferentes niveles. Es importante que se definan los criterios para aprobación de planos a ejecutar. Debemos tener en cuenta que en un proyecto como el de la planta de tratamiento de aguas residuales se tiene como cliente al Estado, que en este caso vendría a ser SEDAPAL por lo que es de suma importancia definir los mecanismos o medios de comunicación formales y a su vez que sean eficientes y no sean motivo de demoras o retrasos. Se debe considerar que si no se prevé esto, ciertos temas pueden tomar semanas y hasta

meses en ser resueltos dependiendo de la complejidad y de los mecanismos de comunicaciones pre establecidos.

Así mismo se debe dar importancia a que la Supervisión participe en dicha reunión, de modo de generar acuerdos referentes a la comunicación entre ambas entidades así como los medios de aprobación. Esto con la finalidad de minimizar la “burocracia” que pueda originarse.

### 3.5 PROGRAMACIÓN – LEAN CONSTRUCTION

Es importante tener en cuenta que la programación se realiza en base al Planeamiento y que se debe tomar a esta como punto de partida. El objetivo de la programación es garantizar el cumplimiento del Planeamiento, es decir cumplir la ejecución del proyecto dentro del plazo establecido.

Dentro de la programación se incluye el sistema del último planificador “Last Planner System”:

- Look Ahead: herramienta de programación que permite visualizar las actividades a ejecutarse a un corto/mediano plazo.
- Look Ahead de Materiales: Permite saber la cantidad de materiales a emplear para el desarrollo de las actividades.
- Análisis de Restricciones: Las restricciones se deben obtener del look ahead, ya sea referente a materiales, personal, equipos, información, cliente y/o supervisión.
- Planificación Semanal.
- Análisis de Cumplimiento

A continuación se muestra un ejemplo de look ahead (Ver Tabla N°09), en donde los números significan la cantidad de personas que se requieren para las actividades indicadas, la idea de colocar la cantidad de personal es poder balancear la carga de trabajo.



La siguiente tabla muestra el porcentaje de plan cumplido (Ver Tabla N°10)

Descripción (WBS - Actividad)	Semana							Sí	No	Causas	Medida Correctiva
	V	S	D	L	M	X	J				
<b>Ejecución de Obra</b>											
<b>Obras generales</b>											
<b>Planta de Tratamiento de Aguas Residuales</b>											
<b>TRATAMIENTO TERCIARIO FASE SOLIDA</b>											
<b>ESPESADOR DE LODOS 1B</b>											
ACABADOS											
Impermeabilización	x	x						sí			
<b>TRATAMIENTO TERCIARIO FASE LIQUIDA</b>											
<b>FILTROS DE ARENA</b>											
ACABADOS											
Prueba Hidráulica	x	x						sí			
Limpieza				x	x	x	x	sí			
<b>TECHUMBRE DE COMPRESORES</b>											
Encofrado de bases	x								no	Presencia excesiva de filtraciones demoraron en la liberación de la PH del Carcamo de drenado.	Se incremento la cuadrilla de reparacion para poder entregar esta estructura.
Vaciado de bases		x							no		
Encofrado de losa				x					no		
Vaciado de losa					x				no		
Colocacion de techumbre metalica							x	x	no		
<b>OBRAS EXTERIORES</b>											
<b>Cerco Perimetrico TRAMO II (400.40 m)</b>											
Tramo Carcamo de Bombeo (03 unid)											
Excavación	x							sí			
Habilitación y colocación de acero para muros	x	x						sí			
Vaciado de cimientos (0.45 m x 0.40 m)	x	x		x				sí			
Andamios	x	x		x	x			sí			
Encofrado de sobrecimientos 1 (h=0.90 m)	x	x		x	x	x		sí			
Colocación de Cerco (30 piezas, a=0.60m)		x		x	x	x	x	sí			
Encofrado de sobrecimientos 2 (h=0.90 m)				x	x	x	x	sí			
Vaciado de sobre cimientos (0.90 m x 0.25 m)					x	x	x	sí			
<b>PAVIMENTACION Y PAISAJISMO</b>											
Pavimento Flexible Zona 1											
Compactación de subrasante	x	x						sí			
Relleno de base (2 capas e=0.15m c/1) con afirmado + motoniveladora				x	x			sí			
Compactación de base						x	x	sí			
Pavimento Flexible Zona 2											
Compactación de terreno natural	x							sí			
Relleno de subrasante e=0.30m con material seleccionado	x	x						sí			
Compactación de subrasante				x	x			sí			
Relleno de base (2 capas e=0.15m c/1) con afirmado + motoniveladora						x	x	sí			

Tabla N°10: Ejemplo de Porcentaje de Plan Cumplido y Causas de Incumplimiento

A continuación mostramos un ejemplo de análisis de restricciones: (Ver tabla N°11)

Frente	Fecha vencimiento	Descripción	Tipo de restricción	Actividad	Nombre del responsable
PTAR	09/03/2012	Definir efluente de la planta hacia canal de regadío.	Ejecucion	Pretratamiento	Tarrillo, Luis
PTAR	12/03/2012	Llegada de 15 bls de Emaco S-88 Cl	Materiales	arificador secundario	Silva, Jose
PTAR	12/03/2012	Tecknopor de 3/4" (15 pln) y 1/2" (15 pln)	Materiales	Pavimentacion	Silva, Jose
PTAR	09/03/2012	Aprovacion del material para gaviones	Diseño	Gaviones	Portuguez, Victor
PTAR	26/03/2012	Llegada de malla para gaviones tipo 1A (18 und) y tipo 1B (24 un)	Materiales	Gaviones	Silva, Jose
PTAR	26/03/2012	Cemento tipo V (380 bls) y cemento tipo I (100 bls)	Materiales	Pavimentacion	Silva, Jose
PTAR	26/03/2012	Yeso y cal hidraulica (20 bls cada uno)	Materiales	Pavimentacion	Silva, Jose
PTAR	09/03/2012	Diseño de la zona interceptada con la franja marginal	Diseño	Gaviones	Portuguez, Victor

Tabla N°11: Ejemplo de Análisis de Restricciones

### 3.5.1 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DEL ÚLTIMO PLANIFICADOR - LEAN CONSTRUCTION

Dentro del proceso de la planificación para la construcción de una planta de tratamiento se debe considerar los mecanismos que permitan aumentar la confiabilidad de las programaciones disminuyendo la variabilidad en el sistema.

El Sistema del Ultimo Planificador en los últimos años ha sido ampliamente difundido en diversas empresas de nuestro país, ya sean estas pequeñas, medianas o grandes empresas, el proceso de implementación resulta ser complejo y en muchos casos sin llegar a tener éxito; para lo cual se plantea una estrategia con la finalidad de obtener una implementación del Sistema del Último Planificador en forma exitosa.

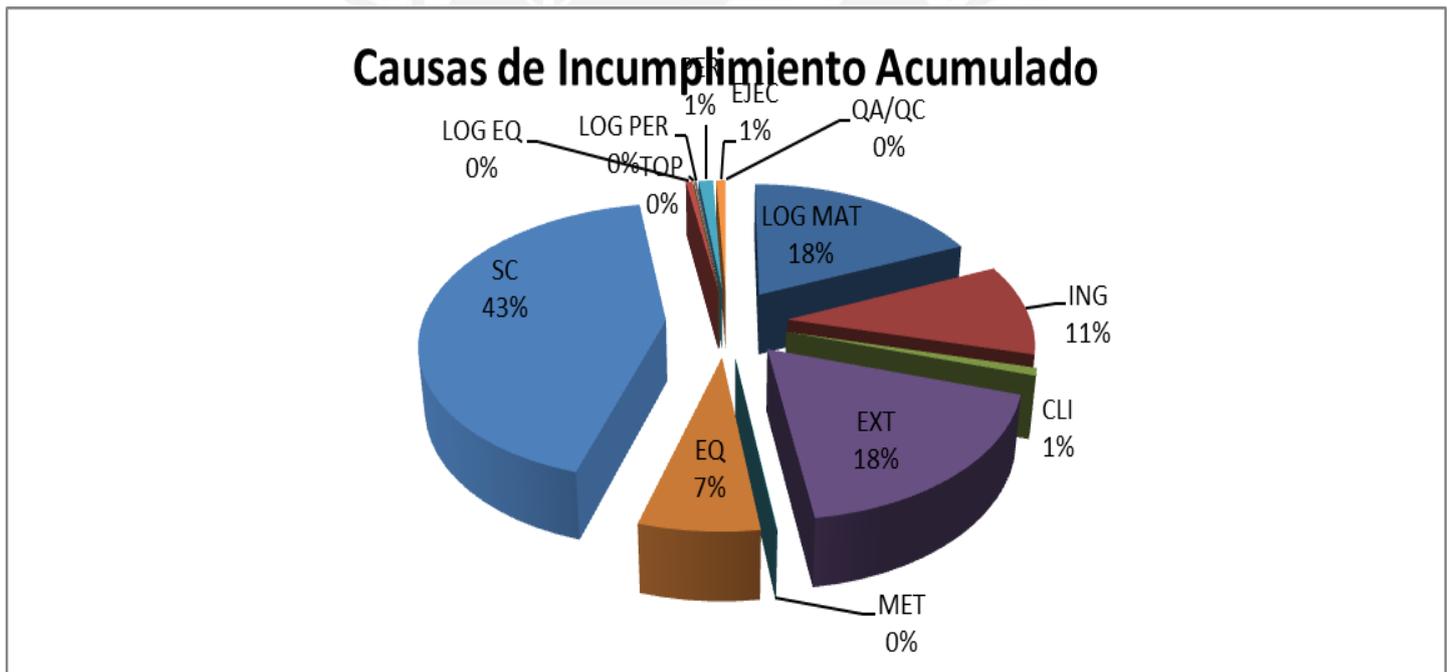
Por otro lado, se indica que el desarrollo de Sistema del Ultimo Planificador en proyectos complejos como la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales en donde se interrelacionan una gran variedad de especialidades, es necesaria tomar los mecanismos adecuados para su implementación, de modo de evitar una gran cantidad de interferencias, retrasos, trabajos rehechos, paralizaciones, etc. Que se traduciría en disminución de la productividad y por lo tanto pérdidas económicas.

Un aspecto importante en el proceso de implementación del Sistema del Último Planificador aplicado a una planta de tratamiento de aguas residuales, es estar consciente de la intervención de diversas especialidades durante el proceso de ejecución.

Por otro lado, debe considerarse a los subcontratistas dentro del proceso de implementación del Sistema del Ultimo Planificador, se debe tener conciencia de que debido a la complejidad de la planta de tratamiento se va a tener una variedad de subcontratistas, y si estos no se consideran en la programación de actividades el incumplimiento de las programaciones puede traer consigo retrasos, interferencias, trabajos rehechos, esperas, etc. Que terminan afectando tanto al contratista como a los subcontratistas.

En relación con lo mencionado líneas arriba a continuación se muestra el grafico de causas de incumplimiento de 3600 actividades programadas en la construcción de una planta de tratamiento similar a la estudiada.

A continuación mostramos las causas de incumplimiento en la construcción de planta de tratamiento similares



En el grafico se puede observar que el 43% de actividades no cumplidas respecto a lo programado están relacionadas a actividades con subcontratistas, un 18% relacionado a la logística de materiales, un 18% respecto a factores externos, un 11% relacionado a la ingeniería y un 7% debido a problemas con equipos.

Como se puede notar del gráfico anterior es imprescindible controlar a los subcontratistas y hacerles un adecuado seguimiento a sus actividades debido a que pueden influir en la ruta crítica del proyecto.

En líneas generales, se debe entender que el Sistema del Último Planificador se debe impulsar de modo de que se consiga que los profesionales adopten el sistema como una forma de trabajo, una nueva manera de ver las cosas y que finalmente se convierta en parte de la cultura organizacional de la empresa haciendo que este sea un valor agregado que permita generar competitividad.

Para lograr una adecuada implementación de Sistema del Último Planificador se debe definir una estrategia clara a nivel de obras como de la empresa, para ello se deben definir políticas y enfocar recursos con la finalidad de conseguir los objetivos que se traducen en la satisfacción del cliente

La mejor forma de implementar el Sistema del Último Planificador es comenzando por obra para luego extenderlo hacia el resto de la empresa.

La Gerencia debe estar comprometida con la implementación, así como el logro de sus objetivos; para lo cual debe promover la implementación a las diversas áreas relacionadas con producción, tales como oficina técnica, logística, ingeniería, calidad, prevención de riesgos, administración, etc.

Es importante que las áreas de soporte estén alineadas con la filosofía del último planificador y que exista una buena interrelación y comunicación entre todas demás áreas dentro del proyecto, este último aspecto se detallara líneas abajo.

#### 3.5.1.1 Asignación de Responsabilidades en el Proceso de Implementación del Sistema del Último Planificador

Un mecanismo que ayuda a tener éxito en la implementación del Sistema del Último Planificador, es conseguir un compromiso por parte de sus integrantes, una forma de hacerlo es designando responsabilidades específicas según las funciones o roles que cumplen dentro de la empresa.

- La Gerencia:  
Juega un rol fundamental en la implementación del sistema del último planificador, para ello es necesario que se definan los mecanismos o

procedimientos que líneas abajo pasaremos a detallar como una propuesta enfocada a proyectos como el de la planta de tratamiento.

La gerencia debe mostrar un claro interés en el proceso de implementación, para ello se recomienda que todos los documentos ya sean procedimientos, instrucciones, reportes, etc. Sean validados con la firma del gerente del proyecto, esto demuestra un claro interés hacia los objetivos de la implementación.

Por otro lado, se sugiere que se realicen reuniones semanales y mensuales para analizar y discutir la información procesada, sean estos reportes de causas de incumplimiento, análisis de restricciones, etc.

En un proyecto como el de una planta de tratamiento, como se mencionó anteriormente, intervienen una serie de especialidades, considerando que el proceso de equipamiento hidráulico y electromecánico es especializado, se suele subcontratar dichos trabajos, con ello se está subcontratando una parte importante del proyecto que finalmente va a garantizar la puesta en marcha del proyecto. Para asegurar el cumplimiento de las actividades programadas se requiere involucrar a los principales subcontratistas en el proceso de implementación del sistema del último planificador, incluyéndolos en las capacitaciones, mostrándoles el beneficio mutuo a corto y mediano plazo.

Se recomienda que la entrega de los reportes sean incluidos dentro de los términos del contrato, finalmente sino está claramente definida la entrega de estos reportes, es difícil que puedan ser entregados, o en todo caso sino se tiene conciencia de la importancia del sistema se puede caer en el error de hacerlo solamente por obligación y por lo tanto se tiende al fracaso del sistema.

- Residente de Obra

El residente de obra es el encargado de hacer seguimiento al cumplimiento del sistema del último planificador, para ello se plantea la realización de reuniones semanales con el área de producción donde se analice las principales restricciones de producción así como un análisis de las causas de incumplimiento.

Así mismo se deberá identificar en forma conjunta con oficina técnica, a los subcontratistas que puedan producir el mayor impacto a la obra en cuanto al plazo del proyecto, vale decir con los subcontratistas con los cuales se puedan generar mayores interferencias, retrasos, esperas, etc. Se deberá considerar a los subcontratistas que se encuentren dentro de la ruta crítica del proyecto.

- La Oficina Técnica

Uno de los principales objetivos de oficina técnica es dar soporte a producción analizando, hacer seguimiento, proponiendo mejoras, identificando pérdidas a nivel de productividad, desviaciones a nivel de plazo y a su vez encargados del manejo de los subcontratos relacionados a la obra. En este último aspecto, como se mencionó líneas arriba, uno de los subcontratos principales es lo referente al equipamiento hidráulico y electromecánico de la planta. Y es ahí donde se debe enfocar el mayor esfuerzo en el cumplimiento de los entregables del sistema del último planificador.

Para conseguir el éxito en la implementación del sistema del último planificador se recomienda lo siguiente:

- ✓ Se recomiendan capacitaciones en el manejo del sistema del último planificador a la línea de mando del subcontratista.
  - ✓ Reuniones semanales o quincenales entre producción y los principales subcontratistas, en estas reuniones se deberá tocar temas relacionados con las principales interferencias, restricciones y cualquier tema relacionado con el aumento de la variabilidad o baja confiabilidad de las programaciones.
  - ✓ Oficina Técnica al estar encargado de los subcontratos de la obra, deberá incluir dentro de los contratos de los subcontratistas la entrega oportuna de los reportes (look ahead, plan semanal, restricciones, porcentaje de plan cumplido, etc.), el tener esta información a tiempo permite tomar las medidas necesarias oportunamente, la idea del sistema del último planificador es actuar en forma preventiva o no de forma reactiva (apagando incendios).
  - ✓ Realizar seguimiento al levantamiento de las restricciones, tanto a nivel de áreas de la obra como a nivel de subcontratistas.
- Ingenieros de Campo
- En nuestro país, dentro del sistema del último planificador quien vendría a ser, propiamente dicho, el último planificador es el ingeniero de campo, quien es el responsable de hacer sus programaciones intermedias (look ahead), plan semanal, análisis de restricciones, porcentaje de plan cumplido, análisis de causas de incumplimiento, etc.

- Capataces

Como se mencionó en el párrafo anterior, en nuestro país, el último planificador es el ingeniero de campo, pero esta responsabilidad debería ser transferida a los capataces, de esta manera se consigue un mayor involucramiento del personal obrero con el cumplimiento de las programaciones y se pueden identificar de una mejor manera las restricciones con lo cual se conseguiría una disminución de la variabilidad y por lo tanto programaciones más confiables.

### 3.5.1.2 Recomendación de Procedimiento a seguir en la implementación del sistema del último planificador

En las siguientes líneas, se menciona una serie de pautas para conseguir de forma exitosa la implementación del sistema del último planificador.

Para el proceso de la implementación es necesario contar con profesionales que tengan experiencia en el manejo del sistema del último planificador.

#### **Primera Pauta: Reunión de Coordinación**

En la reunión de coordinación deben estar presentes los responsables de cada área del proyecto y debe estar liderada por el gerente del proyecto. Se debe remarcar la importancia del funcionamiento del sistema del último planificador mostrando sus beneficios a mediano y corto plazo.

#### **Segunda Pauta: Identificación de Interesados y responsables**

Los interesados e involucrados en el sistema del último planificador pueden variar dependiendo de las características del proyecto, en el caso de la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales se han identificado:

- ✓ Ingeniero de Producción – Obras Civiles:

Encargado de la construcción de las estructuras de concreto armado y concreto simple en la planta de tratamiento, las cuales son: cámara de llegada, pre tratamiento, cárcamo de agua cruda, reactor biológico (anóxico y aeróbico), biofiltros, casetas de sopladores, centrifugas, centro de control de motores, sub estación eléctrica, cámara de contacto de cloro, filtros de arena, clarificadores secundarios, fosa de bombas, caja de distribución, etc. Así mismo estará a cargo de las obras exteriores (pavimentación, cerco perimétrico, veredas, gaviones, muros de contención, etc.)

- ✓ Ingeniero de Producción: Instalaciones de tuberías de procesos (tuberías de lodos, aire, gas, agua, etc.)
- ✓ Ingeniero de Producción: Instalaciones Eléctricas (pozos a tierra, cableados de fuerza, comunicaciones, automatización, etc.)
- ✓ Ingeniero de Producción: Montaje de Equipos (bombas, tanques, motores, etc.)
- ✓ Supervisor de Subcontratas:  
Referente al equipamiento hidráulico y electromecánico, se debe considerar las pruebas y lo necesario para la puesta en marcha.

Como se indicó en párrafos anteriores, en la construcción de una planta de tratamiento se cuenta con varios subcontratistas, a parte de los mencionados con respecto al equipamiento se pueden considerar a los siguientes:

- Carpintería metálica: Barandas, plataformas, rejillas, escaleras, puertas, ventanas, etc.
  - Pintado.
  - Impermeabilización de estructuras que contienen agua.
  - Sellado de fisuras de estructuras que contienen agua.
  - Pavimentación interior.
- ✓ Ingeniero de Calidad:  
Debido a la complejidad de la planta de tratamiento de aguas residuales se requiere un adecuado control de la calidad, control de certificados de pruebas, pruebas en campo a nivel hidráulico, eléctrico, de presión, etc.  
  
Por lo tanto, se debe considerar que dependiendo del tipo de pruebas, estas podrían influir en la programación de las actividades a ejecutarse; por ejemplo: en el caso de pruebas hidráulicas de las estructuras de concreto armado, se requiere entre dos a tres semanas para la realización de pruebas (tiempo de llenado de agua, reparación de fisuras encontradas después de la prueba, vaciado, segundo llenado de agua para verificación de la prueba, etc. Es decir, sino se reparan adecuadamente las fisuras, se podría requerir hasta una tercera prueba.
  
  - ✓ Ingeniero de Prevención de Riesgos:  
La seguridad es un aspecto fundamental en cualquier obra de construcción civil, por ello se deben tomar las medidas necesarias para garantizar que

los trabajos a realizarse sean lo más seguros posibles. Se debe considerar que un accidente, a parte del daño ocasionado al involucrado, ocasiona varios impactos a la empresa los cuales pueden ser pérdida de prestigio, perdidas de horas hombre que pueden afectar a la productividad, aumentar la variabilidad, etc.

✓ Ingeniero Responsable de Ingeniería:

Para la ejecución de las actividades es imprescindible contar con los planos compatibilizados y con todos los detalles necesarios para la construcción.

En la actualidad se hace necesario que en la ingeniería se agregue diseñabilidad y constructabilidad, estos dos factores pueden afectar drásticamente la forma de trabajar; por lo tanto, debe existir una coordinación con el área de producción, siendo estos quienes definan porque estructuras va a comenzar a ejecutar se y que no suceda lo contrario.

✓ Responsable de Logística:

El área de logística debe satisfacer la necesidad de abastecimiento oportuno de las materiales, para ello dentro del sistema del ultimo planificador se considera un look ahead de materiales con un horizonte de tres a cinco semanas.

Se recomienda que se estandarice los formatos de materiales, y si es posible se codifiquen dichos materiales (en forma similar a un kardex) para un mejor pedido y control de los mismos. De esta forma el área de producción realizara sus pedidos en forma codificada y no con el nombre que se les ocurra, esto haría más eficaz el pedido de materiales y a su vez un mejor control de los mismos, se podría realizar análisis de brechas, identificación de posibles pérdidas de materiales, etc.

✓ Responsable de Procura:

Una planta de tratamiento de aguas residuales requiere una gran cantidad de equipos que en su mayoría son importados de países como Alemania, Rusia y España. La compra de estos equipos que son fundamentales para el funcionamiento de la planta, es una compra especializada, por lo que se separa de la compra a través de logística.

El pedido de estos equipos se debe realizar a través de protocolos estandarizados, que garantice que se cumplan con todos los requisitos a nivel de calidad, transporte, garantías, etc.

Por ejemplo: Uno de los tipos de tubería más usados en la planta de tratamiento para la circulación de lodos, es la tubería de fibra de vidrio, cuyos diámetros varían entre 500mm hasta 1200mm. Este tipo de tubería (material y diámetros necesarios) actualmente no son fabricados en nuestro país, por lo que se requiere su importación. Debido al limitado espacio libre en la planta de tratamiento muchas de las tuberías son colocadas a poca distancia, considerando que normalmente las tuberías de lodos son las que están colocadas a mayor profundidad se hace importante la llegada de este material para su instalación y recién después de eso instalar los otros tipos de tuberías.

En este sentido, la llegada oportuna de materiales se hace fundamental para el cumplimiento de los plazos establecidos en el proyecto.

### **Tercera Pauta: Capacitación y Entrenamiento**

Se recomienda realizar capacitaciones al personal clave identificado en la pauta anterior, en las capacitaciones se deberá considerar no solo el aspecto teórico, sino también el aspecto práctico tal como lo menciona Edgar Dale a través de su método de aprendizaje de la pirámide del conocimiento, en donde indica que se obtienen una mejor retención cuando se dice y se hace lo aprendido, y no tan solo escuchando. Por otro lado, se recomienda que la capacitación sea liderada por el gerente del proyecto o residente de obra.

Para la capacitación se deben considerar los siguientes temas:

- ✓ Importancia del sistema del último planificador.
- ✓ Diferencia entre la planificación y la programación.
- ✓ Programación Intermedia (look ahead de actividades y look ahead de materiales)
- ✓ Análisis de restricciones
- ✓ Programación Semanal
- ✓ Análisis de Causas de Incumplimiento.
- ✓ Interrelación entre áreas de soporte y el área de producción en el sistema del último planificador.
- ✓ Ejemplos aplicativos relacionados a la planta de tratamiento en el sistema del último planificador.

- ✓ Taller de simulación de por lo menos un ciclo en el sistema en donde se incluya a las diversas áreas de soporte involucradas (logística, almacén, oficina técnica, administración, etc).

#### **Cuarta Pauta: Implementación del software – Lean S10**

Cuanto más grande y complejo sea el proyecto, más compleja será la implementación del sistema del último planificador, para garantizar el éxito de la implementación es necesario que se definan los mecanismos para un buen manejo de la información.

Si se trata de una gran cantidad de información, podría resultar inmanejable y perder el sentido del objetivo del sistema, para ello se plantea el uso del software Lean S10, el cual cuenta con todas las herramientas necesarias para el manejo del sistema del último planificador basado en la filosofía del lean construction.

Para una adecuada implementación del software lean S10 se recomienda:

- ✓ Contar con equipos de cómputo en red, de modo de mantener interacción entre diversos interesados del proyecto.
- ✓ Realizar una capacitación adicional de unas 22 horas aproximadamente en el manejo del software, para ello se recomienda que se cuenten con los conocimientos de la filosofía del último planificador.
- ✓ Instalación del software Lean S10 en los equipos de cómputo del personal involucrado.
- ✓ El planificador del proyecto deberá de recibir una capacitación adicional en el manejo del programa, ya que este será quien realice el seguimiento y control del cumplimiento de las actividades.

#### **Quinta Etapa: Retroalimentación y Mejora Continua**

La quinta etapa de retroalimentación y mejora continua, es la etapa más enriquecedora para el proyecto, ya que en ella se deben identificar las principales restricciones o impedimentos en el éxito de la filosofía del lean construction.

Por otro lado, se deben tomar en cuenta las iniciativas de los involucrados, así como propuestas en la mejora de procesos.

Un aspecto importante en el éxito de la implementación es definir los procesos de comunicación y transferencia de la información en forma adecuada. Para ello, se sugiere que existan formatos establecidos para que el control sea más eficiente y adecuado, los responsables de definir los protocolos y/o formatos deberán ser los profesionales de oficina técnica.

A continuación se muestran los talleres que pueden realizarse para garantizar el éxito integral de la implementación del Lean Construction enfocados en la planta de tratamiento:

- Taller N°01: Identificación de Restricciones (Tipos y Causas)
- Taller N°02: Interrelación entre las diversas áreas del proyecto en relación al Lean Construction
- Taller N°03: Comunicación eficaz y transferencia de información eficiente.

#### **Recomendaciones para la implementación en el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales:**

La construcción de una planta de tratamiento como cualquier obra de construcción civil, requiere de un empleo de mano de obra intensiva, por lo mencionado un adecuado manejo del factor humano se hace indispensable

Como se mencionó, para la construcción de la planta de tratamiento se suele emplear una variedad de subcontratistas, para ello se debe implementar el sistema del último planificador a los principales subcontratistas de modo de evitar interferencias, retrasos, demoras, etc. Se debe poner un especial énfasis en las interferencias entre diversas actividades tales como: obras civiles, instalación de tuberías hidráulicas, eléctricas, gas, lodos, drenajes, agua, comunicaciones, puesta a tierra, iluminación, carpintería metálica, etc.

Así mismo se debe tener clara la secuencia de actividades, considerando actividades precedentes basadas en una secuencia lógica y que permita garantizar la ejecución del proyecto dentro del plazo. Por ejemplo: en la zona de plataforma de operaciones en primer lugar se requiere la instalación de tuberías de drenajes, luego el vaciado de la plataforma de concreto armado, posteriormente el montaje de plataformas metálicas; como se puede notar es importante definir qué actividades deben ser realizadas primero, segundo, tercero, etc.

Además se reitera la importancia de incluir en el proceso de capacitación al personal de logística, almacenes, oficina técnica, calidad, oficina técnica, etc.

### 3.6 PRODUCTIVIDAD

Llevar un control adecuado de la productividad nos permite controlar el adecuado uso de la mano de obra, equipos y materiales así como tomar decisiones y acciones correctivas.

El control de la productividad nos permite medir la eficiencia de las actividades que se están ejecutando y poder compararlas con la eficiencia del presupuesto meta, esta comparación es importante debido a que nos permite tomar medidas y acciones. La eficiencia puede ser definida como la cantidad de recursos empleados en una determinada actividad.

Las mediciones de la eficiencia se deben realizar a los componentes más importantes en la producción que son mano de obra y equipos.

A continuación mostraremos los ratios de productividad de las principales partidas, que las llamaremos partidas de control. Ver Tabla N°12 Ratios Meta de Mano de Obra

PRODUCTIVIDADE MANO DE OBRA		AVANCE	HORAS HOMBRE	PRODUCTIVIDAD (RATIO)
PARTIDAS DE CONTROL	UND	TOTAL PREVISTO A EJECUTAR	TOTAL PREVISTO A CONSUMIR	META
Trazo y Replanteo	Sem	80.00	4,800.00	60.00
Excavación Masiva	m3	67,859.13	2,666.86	0.04
Acero	kg	910,941.55	67,956.24	0.07
Encofrado y Desencofrado	m2	39,953.39	101,853.19	2.55
Concreto masivo hecho en obra	m3	319.03	1,674.44	5.25
Concreto Premezclado	m3	16,078.17	64,405.93	4.01
Instalación de Redes Sanitarias	ml	2,105.33	8,076.47	3.84
Instalación de Buzones	Und.	18.00	3,741.50	207.86
Relleno	m3	23,974.19	738.40	0.03
Cerco Perimétrico Prefabricado	ml	901.34	8,719.65	9.67
Tarrajeo y Revoques	m2	35,760.77	40,752.97	1.14
Misceláneos (Junta Water Stop)	ml	4,550.62	1,593.17	0.35
Varios	sem	80.00	1,584.95	19.81
Total General			308,563.79	

Tabla N°12: Ratios Meta de Mano de Obra

En la tabla N°12 se puede visualizar los ratios meta de equipos, el conocer estos ratios nos va a permitir medirnos en cuanto a lo previsto y poder tomar decisiones en caso de presentarse desviaciones.

PRODUCTIVIDAD DE EQUIPOS		AVANCE	MONTO EQUIPOS (S/.)	RATIOS
PARTIDAS DE CONTROL	UND	TOTAL PREVISTO A EJECUTAR	TOTAL PREVISTO A CONSUMIR	META
Excavación Masiva	m3	67,859.13	202,899	2.99
Rellenos y compactación	m3	23,735.93	34,180	1.44
Acero	kg	916,941.55	42,179	0.05
Encofrado y Desencofrado	m2	39,953.39	62,727	1.57
Concreto Premezclado	m3	16,078.17	23,796	1.48
Suministro e Instalación de Redes Sanitarias (Alcantarillado)	ml	2,105.33	206,238	97.96
Suministro e Instalación de Buzones	und	18.00	6,609	367.17
Cerco Perimétrico Prefabricado	ml	901.34	63,238	70.16
Tarrajeo y revoques	m2	35,760.77	26,105	0.73
Varios	sem	60.00	18,167	302.78
Total			686,138	

Tabla N°13: Ratios Meta de Equipos

## 4 PLANEAMIENTO DE OBRA

### 4.1 PLANEAMIENTO DEL ALCANCE

El planeamiento del Alcance del proyecto se basa en el análisis del proyecto donde se fijan las estrategias de ejecución y gestión del proyecto.

Componentes del Alcance:

- ✓ Contrato
- ✓ Condiciones Generales
- ✓ Condiciones Específicas
- ✓ Especificaciones Técnicas
- ✓ Planos

En la Guía de los Fundamentos para Dirección de Proyectos (PMBOK) se menciona que una forma para recopilar los requisitos o requerimientos del alcance es mediante entrevistas a los interesados con mayor experiencia, reuniones grupales e inclusive talleres facilitados.

Se debe considerar la creación de una EDT, en donde se divida u organice los principales entregables del proyecto de modo que pueda ser planificado, controlado, y monitoreado. Para la creación de una EDT se debe considerar plantillas de proyectos similares, lecciones aprendidas, etc.

### 4.2 PLANEAMIENTO DE LOS RIESGOS

El principal objetivo del planeamiento de los riesgos es poder controlar los impactos hacia el proyecto, según la guía de los Fundamentos para la dirección de proyectos (Guía del PMBOK) la gestión de los riesgos tiene la finalidad de aumentar la probabilidad y el impacto de eventos positivos y disminuir los eventos negativos.

Se debe tener claro que existen dos tipos de riesgos que son los conocidos y los desconocidos, el primero de ellos puede ser identificado y analizado, el segundo al no ser conocido o predecido debe ser estar contemplado en un plan de contingencias. Para el análisis de los riesgos se deben tomar en cuenta el costo, el tiempo, el alcance, la calidad y las comunicaciones.

Como herramienta para la identificación de los riesgos se recomienda el empleo del análisis FODA (fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas), empleo del juicio experto (dado por las personas con mayor experiencia en proyectos de planta de tratamiento).

Después de tener identificados a los principales riesgos, se recomienda realizar un análisis cualitativo/cuantitativo para ello se pueden utilizar matrices probabilidad e impacto. A continuación se muestra la tabla de los principales riesgos del proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales

IPO	DESCRIPCIÓN	MONTO	% DE PROBABILIDAD	PARCIAL S/.
RIESGO	FORMULA POLINÓMICA DESFAVORABLE	915,511.76	50%	(457,755.88)
	REDUCCIÓN DE % DE REUTILIZACIÓN DEL MATERIAL RECICLADO	65,515.04	50%	(32,757.52)
	PARALIZACIÓN DE OBRA POR SINDICATOS EXTERNOS (*)	19,081.63	50%	(9,540.82)
	MAYORES METRADOS EN OBRAS CIVILES	102,700.07	50%	(51,350.04)
	MAYORES METRADOS EN OBRAS EXTERIORES (PAVIMENTACION, VEREDAS, ETC)	181,911.68	50%	(90,955.84)
OPORTUNIDAD	DISMINUIR EL SEGUIMIENTO DE SUPERVISIÓN EN CAMPO A PARTIR DE CONFIANZA CON EL CLIENTE	113,022.54	35%	39,557.89
	OPTIMIZAR INGENIERÍA DE PTAR	48,979.59	10%	4,897.96
	UBICACIÓN DE NUEVA ZONA DE ELIMINACIÓN DE MATERIAL	73,832.55	50%	36,916.28
<b>TOTAL</b>				<b>(560,987.97)</b>

Tabla N°14: Principales Riesgos del proyecto cuantificados

En la tabla N°14 se puede notar los riesgos positivos (oportunidades) y riesgos negativos (amenazas) que han sido identificados para el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales. Esta tabla nos sirve para poder tomar medidas y poder disminuir los riesgos del proyecto que pueden ser por formula polinómica, paralización por sindicato, mayores Metrados (no olvidar que se trata de un proyecto a suma alzada). Por otro lado, se han identificado oportunidades que pueden ser aprovechadas con la finalidad de aumentar el margen del proyecto o mitigar el impacto de los riesgos negativos, estos son optimizando la ingeniería de la PTAR, ubicando un nuevo botadero de material excedente y disminuyendo el seguimiento de la supervisión ganando la confianza con el cliente, por ejemplo: al momento de hacer pruebas primero se realizan pruebas internas y luego pruebas ante supervisión, el objetivo sería conseguir a través de la confianza la realización de las pruebas ante supervisión a través de un muestreo y no el 100% de las mismas ya que la supervisión confía en el trabajo ejecutado por el contratista quien ya hizo sus pruebas internas.

### 4.3 PLANEAMIENTO DEL RECURSO HUMANO

El equipo del proyecto está conformado por personas que tienen roles y responsabilidades, se debe indicar que el hecho de considerar a los responsables del proyecto desde la etapa de planificación resulta ser muy beneficioso al proyecto y reafirma el compromiso que tienen al mismo.

De acuerdo al PMBOK se debe considerar cuatro etapas:

- Desarrollo del plan de recursos humanos: se debe comenzar por identificar los roles y habilidades de los profesionales que se requieren, se recomienda generar organigramas.
- Reclutamiento: es importante contar con el personal necesario para el proyecto, caso contrario se podría salir del plazo.
- Desarrollo: se debe considerar capacitaciones, talleres de trabajo en equipo, definición de tipos de recompensas y reconocimientos,
- Dirección del equipo: consiste en realizar seguimiento al equipo del proyecto, realización de informes de desempeño, se debe identificar los conflictos que puedan surgir en el proyecto y tomar acciones para eliminar dichos conflictos. Normalmente los conflictos en proyectos de construcción nacen por falta de personal, estilos personales de trabajo, diferentes prioridades, etc.

### 4.4 PLANEAMIENTO DE LOS PLAZOS

El planeamiento de los plazos del proyecto debe garantizar que se termine el proyecto Antes del plazo contractual para ello se debe considerar una planificación de las actividades previas o preliminares, cronograma general de actividades y cronograma de recursos tal como se muestra a continuación.

#### Planificación de Actividades Previas

Para garantizar el buen desempeño del proyecto es importante definir las actividades que se deben realizar antes de iniciar con la ejecución del mismo:

1. Reconocimiento del área de trabajo.
2. Identificación de los grupos de interés.
3. Para la elaboración del Estudio definitivo y Expediente Técnico se debe considerar las siguientes investigaciones en campo:
  - ✓ Topografía
  - ✓ Mecánica de suelos.
  - ✓ Hidrogeología.

4. Saneamiento Físico Legal que permitirá la obtención de permisos para el inicio de ejecución.
5. Obtención de servicios de energía eléctrica y telefónica.
6. Señalización de vías.

### **Cronograma General de Actividades**

Para el desarrollo del cronograma general de actividades se ha considerado lo siguiente:

- Definición de principales actividades a ejecutar, para esto se debe considerar la EDT o WBS
- Secuencia de actividades (se debe considerar hitos, obtención de licencias, permisos, etc.)
- Estimación de la duración de las actividades: previo a esto se cuenta con los metrados del proyecto, disponibilidad de materiales, métodos constructivos, velocidad de ejecución, etc.
- El desarrollo del cronograma se ha realizado en base al diagrama de Gantt empleando el programa Microsoft Project.
- Así mismo se ha determinado el calendario del proyecto.

Es importante remarcar que el planeamiento de la obra debe actualizarse periódicamente (quincenal - mensual) de modo que pueda compararse con el cronograma planeado y poder tomar las medidas necesarias en caso no se esté cumpliendo con el cronograma. Además cabe mencionar que la actualización también se debe realizar por cambios en el proyecto, por necesidad interna del contratista para acelerar algunas actividades o por demoras internas o externas.

La importancia de la actualización del planeamiento radica en la programación de las actividades a mediano/corto plazo en donde el planeamiento general de actividades sirve como base para la programación de las mismas.

Ver el cronograma general de actividades de la planta de tratamiento de aguas residuales en el anexo A.08

### **Cronograma de Recursos**

Una vez definido el cronograma general del proyecto, en donde se tienen las actividades que se van a ejecutar se identifican los recursos a emplear en donde se

define la cantidad aproximada de mano de obra, equipos y materiales a emplearse de modo de garantizar el cumplimiento del Alcance del proyecto en el plazo previsto en el planeamiento general. De aquí obtenemos el cronograma de mano de obra, cronograma de equipos, cronograma de materiales críticos, listado de stock mínimos,

- Cronograma de Mano de Obra (Curva de Personal)

El cronograma de mano de obra se realizó considerando el plazo (de acuerdo al cronograma de actividades) y el análisis de precios unitarios.

Del cronograma se obtuvo el plazo o la duración de las actividades, del análisis de precios unitarios obtenemos los rendimientos, con dicha información podemos determinar la cantidad de cuadrillas a necesitarse.

Del gráfico N°01 Curva de Empleo de Mano de Obra, se puede planificar el reclutamiento del personal, seguros e implementos de seguridad personal.

- Cronograma de Materiales Crítico

Los materiales críticos son aquellos que al no tenerse al momento de ejecución pueden generar paralizaciones o retrasos en el flujo de la producción. También se consideran materiales críticos aquellos que su producción y/o fabricación es especializada y/o a pedido.

#### 4.5 PLANEAMIENTO DE LOS COSTOS

##### Costos Indirectos

En este cronograma se considera al personal de dirección del proyecto, equipos, alimentación, gastos financieros, procura, etc.

##### Control de Subcontratistas

La decisión de subcontratar depende de los siguientes factores:

- ✓ Trabajos especializados
- ✓ Trabajos diferentes a los que la empresa tiene experiencia.
- ✓ Trabajos de Ingeniería

Algunos de los criterios para seleccionar a los subcontratistas:

- ✓ Calidad de sus productos
- ✓ Precio
- ✓ Experiencia
- ✓ Confianza (credibilidad)

- ✓ Seguridad
- ✓ Capacidad Financiera
- ✓ Condiciones de Pago
- ✓ Condiciones de entrega

Se debe considerar la cotización de por lo menos 03 posibles Subcontratistas de modo de poder tomar la mejor decisión.

Para la liquidación de los subcontratistas el SC debe haber cumplido con todas especificaciones técnicas, calidad, etc.

Los subcontratos a considerar en la Planta son:

Subcontrato Principal:

- ✓ Diseño y Equipamiento hidráulico y electromecánico de la planta.

Subcontratos Secundarios:

- ✓ Carpintería metálica: referente a puertas, ventanas, barandas, rejillas, techumbres, escaleras.
- ✓ Pintado de casetas: Edf. De Centrifugas, caseta de cloración, caseta de sopladores, centro de control de motores, sub estación eléctrica y Edf. Administrativo.

En la tabla N°15 se muestra el ABC de Subcontratos, donde se puede notar que se cuentan con 27 subcontratos, de los cuales seis de ellos significan el 88.13%, y existe un subcontrato que significa un 69.93%; por lo tanto, sino se realiza un control adecuado a este subcontratista podría impactar significativamente al proyecto.

Item	Subcontratos	Incidencia	Incidencia Acumulada	Tipo
1	Subcontrato PTAR-EQHH, EQEE	69.93%	69.93%	A
2	Transporte de materiales de cantera	9.40%	79.33%	
3	Subcontrato SCADA	4.77%	84.10%	
4	Servicio de Bomba para concreto	3.44%	87.55%	
6	Suministro de Agua a pie de obra	2.39%	89.94%	
8	Barandas Metálicas	2.05%	91.99%	
9	Carpeta Asfáltica en Caliente e=0.15 m	1.64%	93.64%	
10	Flete Terrestre Tubería de Concreto	1.41%	95.04%	
11	Cerco	1.39%	96.43%	
12	Edificación	1.29%	97.72%	C
13	Pruebas de compactacion de suelos	0.73%	98.45%	
14	Consumibles	0.48%	98.93%	
15	Instalación de chute para descarga de material	0.33%	99.26%	
16	Viguetas Prefabricadas L=3.9 m	0.21%	99.47%	
17	Corte para Pavimento de Concreto	0.18%	99.65%	
18	Escalera metalica	0.12%	99.77%	
19	Eliminación de material suelto	0.09%	99.86%	
20	Tapa prefabricada	0.03%	99.89%	
21	Puerta metálica	0.02%	99.91%	
22	Tapa metálica de plancha estriada	0.02%	99.94%	
23	Corte de Pavimento Asfáltico	0.02%	99.95%	
24	Corte de Pavimento Asfáltico	0.01%	99.97%	
25	Señalización vial	0.01%	99.98%	
26	Derecho de cantera 2	0.01%	99.99%	
27	Ensayo Probetas de Concreto	0.01%	100.00%	

Tabla N°15: ABC de Subcontratos

#### 4.6 PLANEAMIENTO DE LAS COMUNICACIONES

La transferencia de la información es muy importante dentro de los procesos de proyectos de construcción, esto debido a la gran cantidad de interesados o involucrados.

El tener una comunicación eficaz permite una adecuada distribución, recuperación y transferencia de la información, en forma oportuna. Debemos recordar que la construcción es un sector que se basa en el conocimiento, ya sea tácito o explícito, dándose a nivel interno o externo, de modo formal o informal. Estos mecanismos deben ser claramente definidos desde el inicio del proyecto para lo cual se plantea lo siguiente:

Se debe comenzar con la identificación de los interesados:

ITEM	INTERESADOS DEL PROYECTO	
<b>Externo</b>		
A	Cliente	SEDAPAL
B	Supervisión	Corpei
C	Sociedad	Población
D	Entidades Publicas	Municipalidad
E		Centros de Salud
F		Autoridad Nacional del Agua
G		Junta de Regantes de Lima
<b>Interno</b>		
H	Accionistas	
I	Socio Estratégico	
J	Empleados	
K	Sindicato	
L	Proveedores	
M	Sub Contratistas	

Tabla N°16: Identificación de los interesados del proyecto

Al tener identificados a los interesados del proyecto, se procede a definir el nivel de gestión en la comunicación para ello se emplea la matriz de Poder / Interés (ver gráfico N°05)

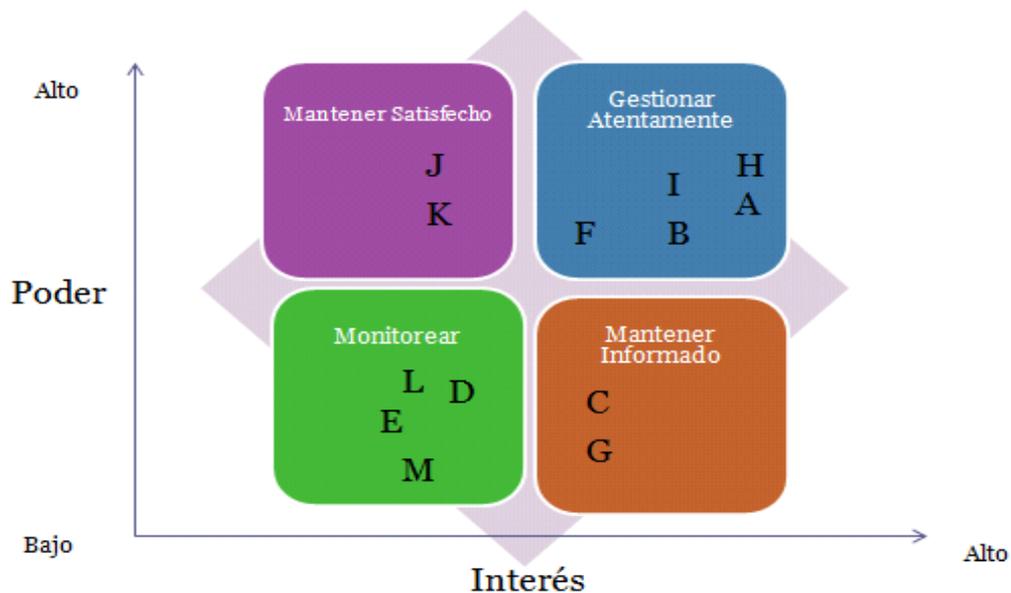


Grafico N°05: Grafico de Matriz Poder / Interés de los involucrados del proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales

En esta matriz se identifica la acción a tomar o la forma de abordar a los principales interesados, considerando el nivel del poder y el interés que estos tienen ya sea a través del monitoreo, mantener informado, satisfecho o gestionar con prioridad.

En el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales se ha identificado que se tiene que gestionar con prioridad las comunicaciones con el cliente, Supervisión, Autoridad nacional del Agua (ANA), accionistas y socio estratégico; a los interesados a los cuales se les debe mantener satisfechos son a los empleados y al sindicato; a los que tienen que mantenerse informados es a la población y la junta de regantes de Ate (tener en cuenta que la descarga del efluente de la planta de tratamiento de aguas residuales será descargada al canal Ate, ya que se trata de aguas de re uso agrícola); por último, se debe monitorear a los proveedores, subcontratistas, los trámites municipales, etc.

#### 4.7 GESTIÓN DEL CONOCIMIENTO

##### Consideraciones Generales

La industria de la construcción en el país ha tenido un crecimiento importante; sin embargo es uno de los sectores que menos desarrollo ha tenido debido a una serie de deficiencias, una de las cuales es la ausencia de la gestión del conocimiento, debido a que los profesionales e ingenieros normalmente no desarrollan construcciones de un solo tipo, es decir que si ahora están construyendo una planta de tratamiento lo más probable es que su próxima obra no sea una planta de tratamiento, en estos cambios que se producen en el sector construcción se puede perder mucha información relativa a la experiencia.

Algunos de los problemas de la industria de la construcción según Alfredo Sepell son:

- Curva de Aprendizaje limitada, debido a la rotación del personal.
- Presión de trabajo, producido por falta de tiempo, planificación, etc.
- Nivel de influencia del clima, dado que la construcción normalmente se desarrolla al aire libre.
- Intereses contrapuestos.
- Planificación deficiente.
- Resistencia al cambio, normalmente se construye como siempre se ha hecho y existe desconfianza por la innovación.

- Relaciones antagónicas, debido a que en el ciclo de vida del proyecto normalmente rotan al recurso humano, por lo se llega a cambiar el objetivo del mismo.
- Baja investigación y desarrollo en procesos constructivos

A diferencia de la industria manufacturera, el sector construcción enfoca su trabajo a un producto Único y Temporal, teniendo una gran cantidad de fases que terminan desvirtuando el sentido o necesidad del proyecto.

Los conocimientos, problemas en obra, buenas prácticas constructivas pueden perderse fácilmente y la próxima vez que la empresa ejecute un proyecto similar, en donde probablemente no tenga a los mismos profesionales; es muy probable que se incurra en los mismos errores y se tenga que buscar nuevas soluciones a problemas que anteriormente han sido solucionados, en donde lamentablemente no se ha tenido un mecanismo adecuado que garantice que dicha información o conocimiento sea transmitida o propagada o simplemente archivada, de modo que otros profesionales puedan tomar dicha información evitando perder el tiempo en nuevas búsquedas de soluciones, o estar advertidos de potenciales problemas y poder tomar acciones en forma preventiva.

La gestión del conocimiento según Davenport y Prusak (1998) es el proceso de creación de valor a partir de intangibles de una organización, este punto vista tiene que tener mayor importancia en las empresas de modo que se genere una ventaja competitiva y que permita un aumento de la productividad, ya que se estaría considerando a la experiencia buena o mala en proyectos similares.

Cabe mencionar que si una empresa desea mantenerse en un mercado competitivo no puede desperdiciar recursos en rehacer trabajos que nadie registró adecuadamente, impidiendo entregar un servicio ya sea con mayor calidad o en un menor tiempo, para ello es necesario obtener resultados más rápidos que involucren un proceso de toma de decisiones mucho más rápido que en el pasado.

La industria de la construcción es Intensiva en conocimiento y experiencia por lo que resulta necesaria una implementación en la gestión del conocimiento.

Algunos de los motivos por los cuales no se documentan adecuadamente las lecciones aprendidas según Shindler y Eppler et al 2003 son:

- Presión de trabajo debido al plazo ajustado.
- Poca comunicación de experiencias propias.

- Este proceso generalmente no es considerado en la etapa del proyecto.
- No se siente un beneficio personal.
- Dificil coordinación de las personas involucradas en el proyecto debido a la rotación de los mismos a otros proyectos.

### **Ventajas de la Gestión del conocimiento**

- Mayor eficiencia en procesos, ya que se encuentran las soluciones más fácilmente.
- Menores costos, debido al ahorro de tiempo.
- Generación de innovación, ya que se tendría a la mano nuevos conocimientos que pueden ser mejorados.
- Generación de Ventaja Competitiva.

### **Motivaciones para la Gestión del Conocimiento**

Los proyectos de construcción parten de satisfacer las necesidades del cliente para lo cual se requiere una innovación, mejora continua, buenas prácticas constructivas, reducción de re trabajos, respuesta rápida a consultas del cliente, etc. que son aspectos que motivan a las empresas impulsar la gestión del conocimiento.

### **Impedimentos para la Gestión del Conocimiento**

Los principales problemas que se tienen para implementar una gestión del conocimiento según Carrillo y Robinson et al. 2004. Son:

- Resistencia al cambio
- Falta de tiempo
- Deficiente equipos informáticos (tecnología)
- Falta de cultura organizacional.
- Falta de procesos estandarizados.
- Intereses contrapuestos.
- Falta de mecanismos necesarios para compartir conocimientos.

### **Herramientas en la Gestión del Conocimiento**

El objetivo es poder garantizar el almacenamiento, acceso y reutilización del conocimiento, de modo de hacer más efectiva la difusión y velocidad de transmisión de

conocimientos que se debe dar en todas las áreas de la empresa: Ingeniería, logística, planificación, producción, oficina técnica, calidad, etc.

Algunas técnicas que puede permitir esto son:

- Lluvia de ideas
- Revisiones Post Proyecto
- Capacitaciones
- Entrenamiento

En el caso del Área de Ingeniería la implementación debe considerar lo siguiente teniendo en cuenta las características del proyecto:

- Uso de herramientas B.I.M.
- Biblioteca de detalles (plantillas)
- Sistemas estructurales relacionados con la constructabilidad
- Modulación
- Memorias de calculo
- Memorias descriptivas
- Informes técnicos

En el área de subcontratos se debe tener la relación de subcontratistas en donde se indique la calificación del mismo por los trabajos ejecutados, esta calificación debe considerar la calidad, cumplimiento en el plazo y costo.

En el control de costos del proyecto, se debe tener identificados los insumos con mayor incidencia del proyecto de modo de poder ejercer un mayor control en proyectos a futuro, análisis de precios unitarios reales, costos por partida,

En control de la productividad, se debe tener el histórico de los ratios reales acumulados en las principales partidas del proyecto, así como las partidas donde se presentaron ratios mayores a lo previsto.

En el área de producción, se debe tener registrado los principales problemas en obra así como las soluciones planteadas con sus resultados.

En el área de administración contractual se debe tener identificados los principales problemas contractuales con la supervisión/cliente, relación de documentos contractuales ordenados y clasificados, relación de permisos y/o autorizaciones.

En el área de calidad se debe tener los siguientes entregables: manuales, procedimientos constructivos, memorias, especificaciones técnicas, etc.

En el área de administración se debe tener la data del personal obrero calificado y no calificado con su respectiva calificación, identificación de principales costos incurridos por gastos generales y gastos financieros.

El tener la información solo es el primer paso en la gestión del conocimiento, esta deber ser ordenada y clasificada acorde a las exigencias del tipo de proyecto para lo cual se debe considerar un mecanismo que permita que el acceso a dicha información sea fácil.

A continuación se mencionan pautas para la gestión del conocimiento:

- ✓ Contar con el sistema informático en “red” y con un servidor donde se pueda compartir información.
- ✓ Definición de una estructura de la información (catálogos, manuales, memorias, planos, procedimientos, etc.) en donde se pueda obtener la información con facilidad.
- ✓ Contar con una base de datos de obras similares.

#### **4.8 GESTION ADMINISTRATIVA**

La gestión administrativa permite controlar los gastos que se incurren durante la ejecución del proyecto, controlar los almacenes de la obra, administrar los contratos (no relacionados a obra), control de la contabilidad y gestión de recursos humanos.

- Control de gastos:  
A nivel de facturación, liquidación de obra, establecimiento de garantías, movilidades, seguridad, alimentación, gastos financieros, etc.
- Control de almacenes:  
En los almacenes se debe tener control de inventarios, seguridad y/o custodia de materiales.
- Control de contratos de proveedores, seguimiento del pago respectivo.
- Control Contable:  
Administrar el flujo de caja del proyecto, cuentas corrientes, cuentas por cobrar, facturación al cliente, cartas fianzas, trámites bancarios, etc.
- Control de Recursos Humanos:  
Selección de personal adecuado, elaboración de contratos a personal obrero, evaluación de desempeño, seguimiento a las boletas de pago, control de tareas de obreros, elaboración de planillas, seguros, etc.

#### 4.9 CONTROL FINANCIERO

El control financiero está ligado directamente con el flujo de caja del proyecto, en donde las variables más importantes son los ingresos (valorizaciones) y egresos (pagos a Subcontratistas, proveedores, empleados, materiales, etc.).

El tener un flujo de caja positivo va a permitir al proyecto tener liquidez y evitar recurrir a gastos financieros que tienen un costo que va a significar una disminución en las utilidades o ganancias, en el caso que estos no hayan sido previstos.

Hay que tener en cuenta que para tener un buen flujo de caja es importante cobrar las valorizaciones lo más pronto posible y que en la negociación con los proveedores su pago sea con el mayor plazo posible, dentro de lo razonable.

Tipos de Fianzas a tener en cuenta:

- Fondo de garantía: esta dado como garantía de imperfectos o daños que se pudieran presentar en la ejecución.
- Por Adelanto: está dado por el adelanto en efectivo recibido ya sea por adelanto directo o de materiales.
- Fiel Cumplimiento: tiene la finalidad de garantizar el cumplimiento del alcance del proyecto.

En general, se recomienda como política de la empresa, realizar el pago a los subcontratistas y/o proveedores en un plazo de 30 a 60 días, esto con la finalidad de que parte del financiamiento que requiere el proyecto sea dado por los proveedores y que no toda la carga financiera sea dada por el proyecto.

Dentro de los principales gastos financieros a incurrirse en la ejecución del proyecto son:

- Impuestos a las transacciones financieras
- Gastos Factoring
- Mantenimiento y comisiones
- Comisiones por cartas fianzas
- Intereses
- Pagos a la SUNAT

Por otro lado, deben considerarse las posibles pérdidas por cambio de tipo de moneda

#### 4.10 CONTROL DE CALIDAD

El control de calidad debe estar basado en el sistema de gestión de calidad, que consiste en planear, hacer, verificar y actuar.

Para ello es necesario que la gerencia evidencie el compromiso con la implementación del Sistema de Gestión de Calidad (SGC). Para ello se debe establecer la política de calidad que debe estar suscrita por la gerencia, se debe hacer revisiones y aseguramiento de la disponibilidad de recursos, revisión de requisitos de productos, etc.

Para el aseguramiento de la calidad se debe tener en cuenta:

- Los productos deben ser validados.
- Manejo de No Conformidades
- Capacitaciones sobre procedimientos constructivos,
- Implementación de medidas preventivas.
- Establecer criterios de aceptación de materiales.
- Archivo de procedimientos constructivos, especificaciones técnicas, certificados de calidad, informes técnicos, etc.

#### 4.11 DESARROLLO DE INGENIERIA DE DETALLE

El proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales es un proyecto EPC (Ingeniería, Procura y Construcción); la ingeniería fue desarrollada antes del inicio de ejecución, pero esta se realizó solo a nivel de ingeniería básica y de procesos quedando pendiente la ingeniería de detalle.

Considerando la diversidad de disciplinas que intervienen en la ejecución de la planta de tratamiento, la posibilidad de que se tenga interferencias entre las diversas disciplinas es muy alta y deben ser identificadas oportunamente de modo que se eviten retrasos, demoras, trabajos rehechos, etc.

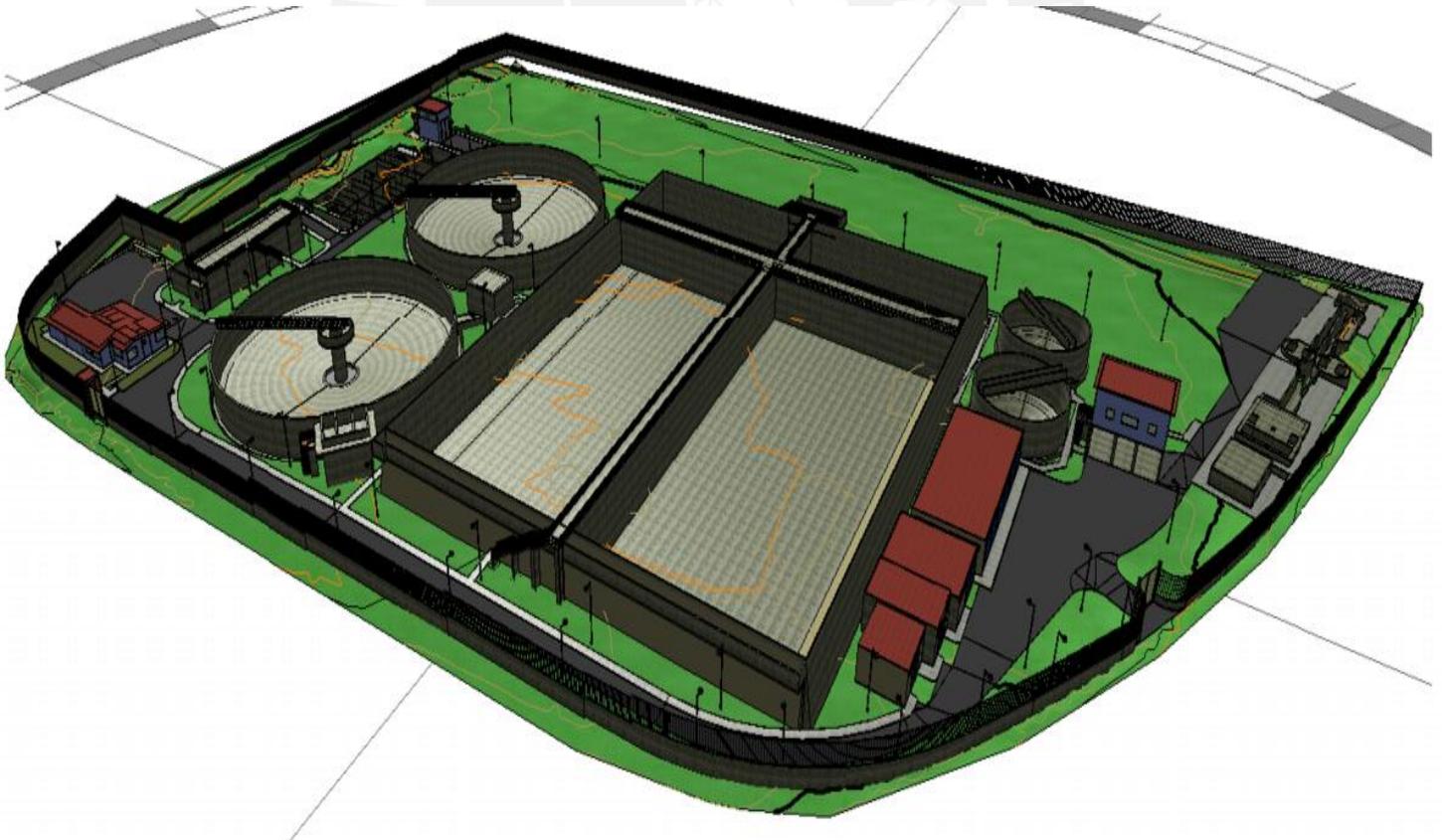
Una alternativa muy útil en el desarrollo de la ingeniería es el empleo de herramientas B.I.M (Building Information Modeling) que permiten la modelación en 3D de los diferentes elementos de la construcción y un posterior modelamiento del planeamiento en 3D. El software que podría utilizarse para la implementación B.I.M podría ser el Autodesk Revit que permite la modelación de elementos relacionados a la construcción acompañado con el Navisworks Manage un programa que permite la visualización del proyecto antes de la construcción.

Revit es un programa que permite modelar en forma inteligente considerando la estructura, redes de agua y desagüe e instalaciones eléctricas; la interrelación entre diversas especialidades permite una óptima compatibilización, con esto se puede realizar cambios específicos que se verán reflejados en otras disciplinas o áreas.

La utilización de estándares B.I.M en la construcción resulta ser importante si se desea impactar en el aumento de la productividad. Uno de los principales objetivos en el empleo de herramientas B.I.M es poder conseguir la estandarización de procesos dentro de la construcción para lo cual se recomienda:

- ✓ Definición de parámetros por especialidad.
- ✓ Orden de trabajo: primero arquitectura, segundo estructuras, tercero las demás especialidades trabajaran sobre la modelación de arquitectura y estructuras.
- ✓ Definición del nivel de detalle.
- ✓ Definición de una nomenclatura (disciplinas, vistas, planos, etc.)

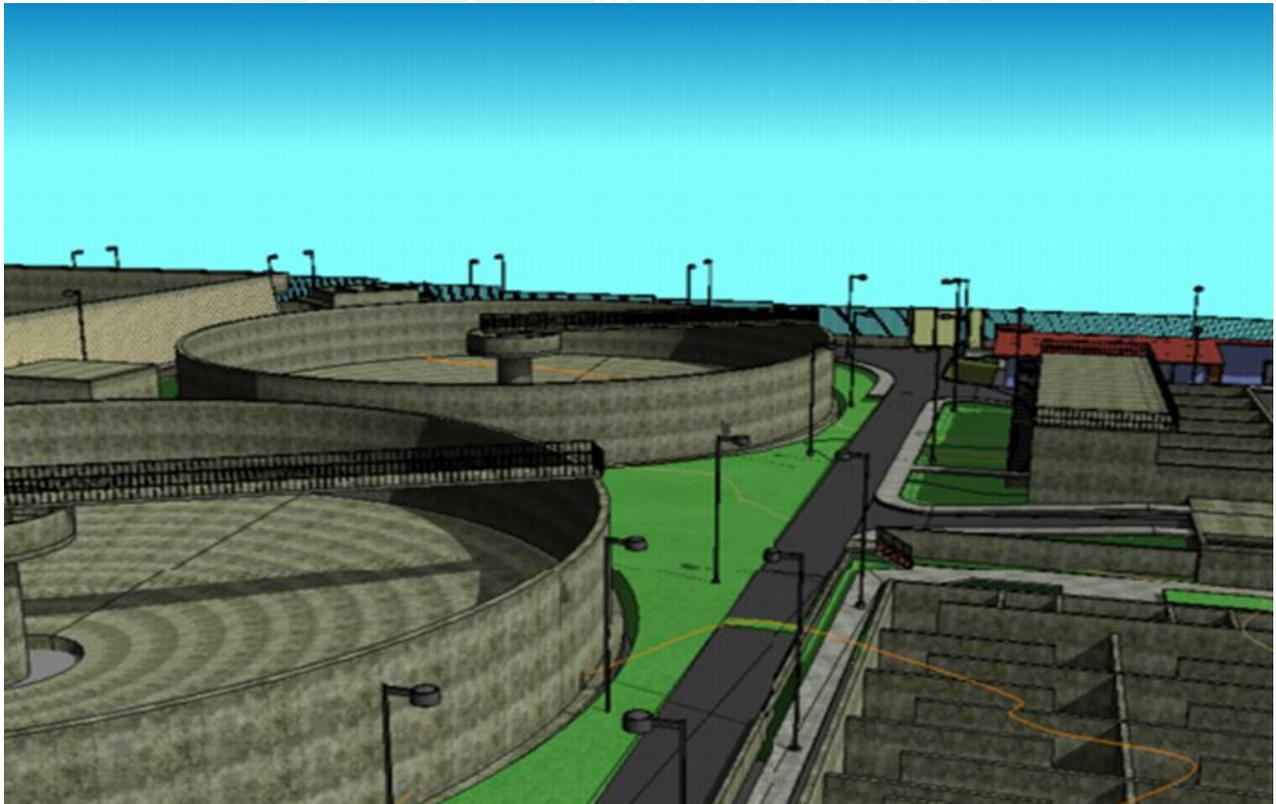
A continuación mostramos una imagen 3D con el empleo del programa Revit:



Vista General en 3D de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales



Vista General en 3D de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales



Vista de los Clarificadores en 3D de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales

Por otro lado, se debe considerar un control adecuado de los cambios del proyecto, debemos tener en cuenta que toda modificación en el proyecto tiene un impacto en el mismo, ya sea económicamente, en el plazo del proyecto o modificando la calidad del mismo; por lo tanto resulta imprescindible realizar un control adecuado de los cambios desde la etapa de ingeniería.

A continuación mostramos un formato que servirá de ayuda para el control de cambios del proyecto en donde se tiene que identificar el impacto de cambio en el proyecto, el costo del cambio y el responsable de la aprobación del cambio.

ITEM	DESCRIPCION	DETALLE DEL ALCANCE	IMPACTO	QUIEN LO SOLICITA	COSTO ESTIMADO	RESP. APROB.	ESTATUS
001	AUMENTAR ESPESOR DE MURO EN REACTOR	Se requiere aumentar el espesor del muro de reactor debido a deficiencia en diseño preliminar		DISEÑO	15,000.00	CLG	Aprobado
002	PUNTOS DE RIEGO ADICIONALES	Se está considerando puntos de riego adicionales en la PTAR		SEDAPAL	1,500.00	CLG	Pendiente
003	MODIFICACION DE UBICACIÓN EDF. CENTRIFUGAS	Se ha modificado la ubicación del edificio de centrifugas (se ha girado) contemplando la operación y funcionamiento de la planta		DISEÑO	1,000.00	CLG	Pendiente
004	NUEVO ACCESO VEHICULAR DE SERVICIOS	Se ha considerado un acceso de servicios vehicular adicional, en el proyecto solo se contemplaba 01 acceso.	Se requiere demoler parte de cerco perimétrico.	SUPERV.	10,000.00	SEDAPAL	Pendiente
005	AGREGAR TECHUMBRES METALICAS	Se está agregando techumbres para las siguientes estructuras: plataforma de operación, sub estación.		SUPERV.	4,000.00	CLG	Pendiente
006	AUMENTO DE PAVIMENTO	Se ha aumentado las dimensiones del patio de maniobras frente a Sopladores y Centrifugas considerando la operación y funcionamiento de la Planta.		SUPERV.	4,000.00	CLG	Pendiente

Tabla N°17: Formato de Control de Cambios

## 5 ESTRATEGIAS DE EJECUCION

En el capítulo anterior se realizó el análisis en el planeamiento. En este capítulo se analizarán las estrategias de ejecución partiendo del punto de vista de la constructabilidad, para ello se considerarán las diferentes estructuras dentro de la planta, las cuales pasaremos a identificar a continuación indicando sus características y procedimientos constructivos recomendados.

- ✓ Zona de Pre-tratamiento:

### **Cámara de entrada**

Características:

En esta zona se encuentra la cámara de entrada cuyas dimensiones son de 5.00 x 5.00 x 5.60 y hacen un volumen de 33.00 m<sup>3</sup> de concreto ( $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>), 3080 kg de acero, 212 m<sup>2</sup> de acero. En esta cámara se tiene contemplada la cuchara bivalva. La imagen de la cámara de entrada y la cuchara bivalva se muestra en la imagen n°01

Proceso Constructivo:

Es importante resaltar que el tipo de terreno en esta zona es arcilloso por lo que se plantea reemplazar esta con una sub-zapata de concreto ciclópeo.

Debido a que se tiene una altura de 5.6 m se considera vaciar la estructura en dos partes para lo cual se proyecta utilizar encofrado vertical metálico tipo Comain- Ulma. Además, se colocará en las juntas de construcción wáterstop

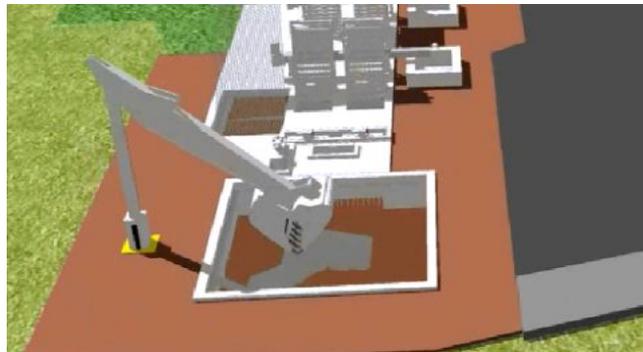


Imagen N°01: Cámara de entrada y cuchara bivalva

## Cribado

Características:

La zona del cribado tiene una longitud de 14.35m, consta de tres canales (uno en stand by). La cantidad de concreto previsto a utilizar es de 57m<sup>3</sup> ( $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>), 4082 kg de acero, 344 m<sup>2</sup> de encofrado metálico. Ver imagen N°02

Procedimiento Constructivo:

En esta zona el material es del tipo gravoso, el encofrado a utilizar es vertical del tipo Comain-Ulma, en la losa de techo se empleara encofrado metálico del sistema Brio- Ulma, Además en las juntas de construcción se colocara waterstop.

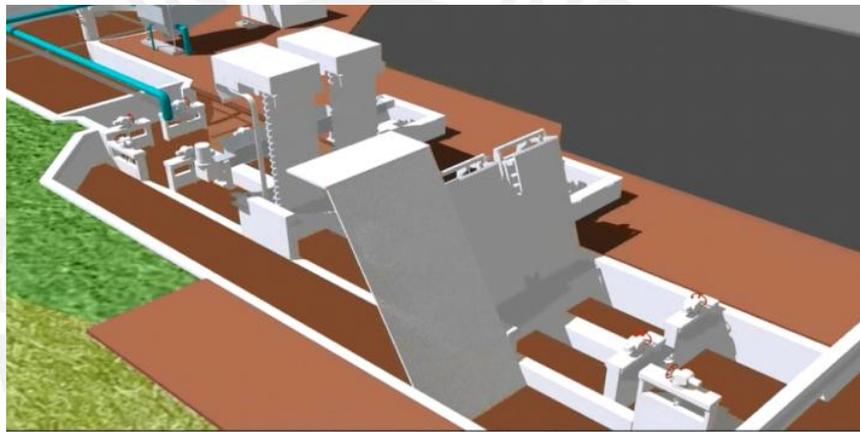


Imagen N°02: Cribado en pre tratamiento (rejas medianas, finas)

## Desarenadores

Características:

Se consideran dos desarenadores del tipo Vortex, cuyo radio de cada uno de ellos es de 2.93m y tienen una altura de 3.90m. La cantidad de concreto proyectada es de 76.50m<sup>3</sup> ( $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>), 6275kg de acero, 451m<sup>2</sup> de encofrado metálico. Ver imagen N°03

Proceso Constructivo:

El tipo de material es gravoso, también se tiene contemplado utilizar encofrado metálico vertical tipo Comain-Ulma, para la losa del techo se contempla el encofrado del sistema Brio –Ulma.

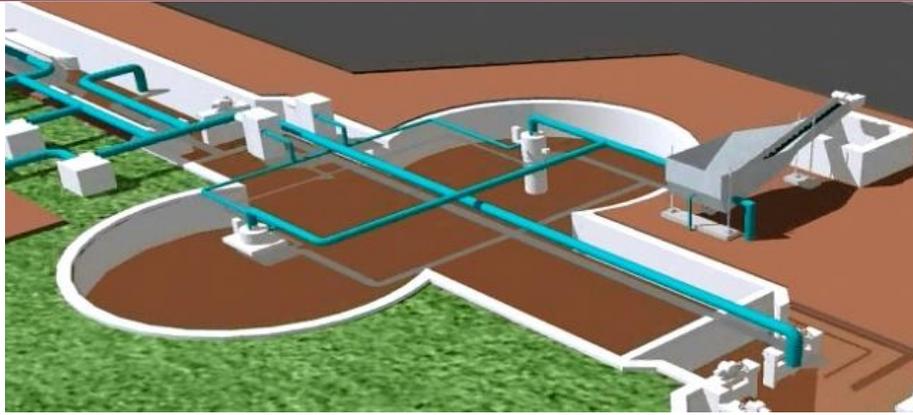


Imagen N°03: Desarenadores Tipo Vortex

### Cárcamo de Bombeo

#### Características:

Las dimensiones del cárcamo son de 7.50 x 4.80 x 10.75m. La cantidad de concreto a emplear es de 384m<sup>3</sup> ( $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>), 29 242 kg de acero, 872m<sup>2</sup> de encofrado. Ver imagen N°04

#### Proceso Constructivo:

El tipo de material es gravoso, para la excavación no se puede hacer banquetas debido a la cercanía de la pista exterior a la planta, por lo que se considera un pañeteo en los taludes. Además se deben considerar entibados.

Los muros se vaciarán en tres etapas, el primer nivel será de 3.30 m de altura, posterior a ello se retirarán los entibados. El encofrado a emplear será del tipo Nevi-Ulma

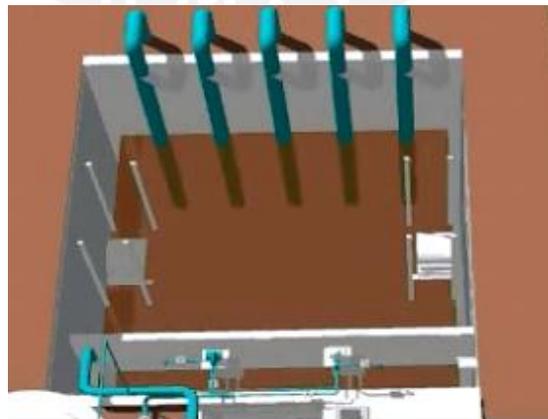


Imagen N°04: Cárcamo de Bombeo CBC-01

- ✓ Zona de tratamiento Biológico:

### Reactor Biológico

Características:

Es la estructura de concreto armado más importante de la planta, cuyas dimensiones son 8.10 x 95.65 x 8.00 m, en cuya estructura se consideran 10 108 m<sup>3</sup> de concreto ( $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>), 529 310 kg de acero, 9 825 m<sup>2</sup> de encofrado. Ver imagen N°05.

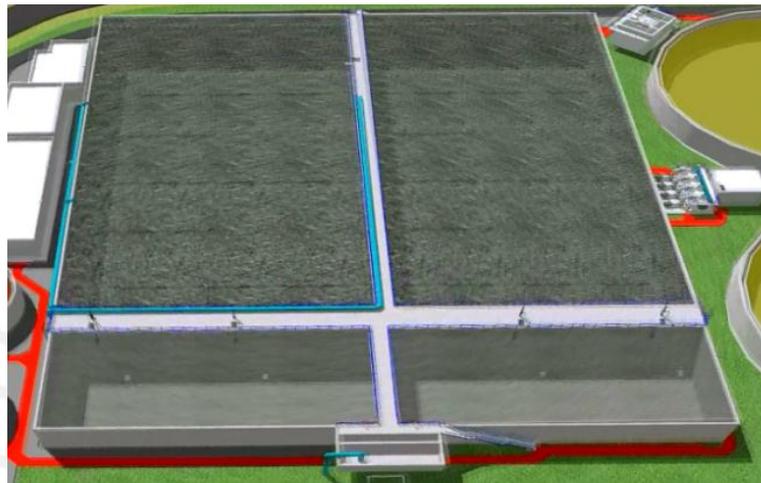


Imagen N°05: Reactor Biológico

Proceso Constructivo:

Para la losa del reactor biológico se plantea dividir en 56 lotes similares (Ver imagen N°06), de modo que permita realizar un tren de actividades vaciando una losa diaria. (Ver tren de actividades planteado en la imagen N°07).

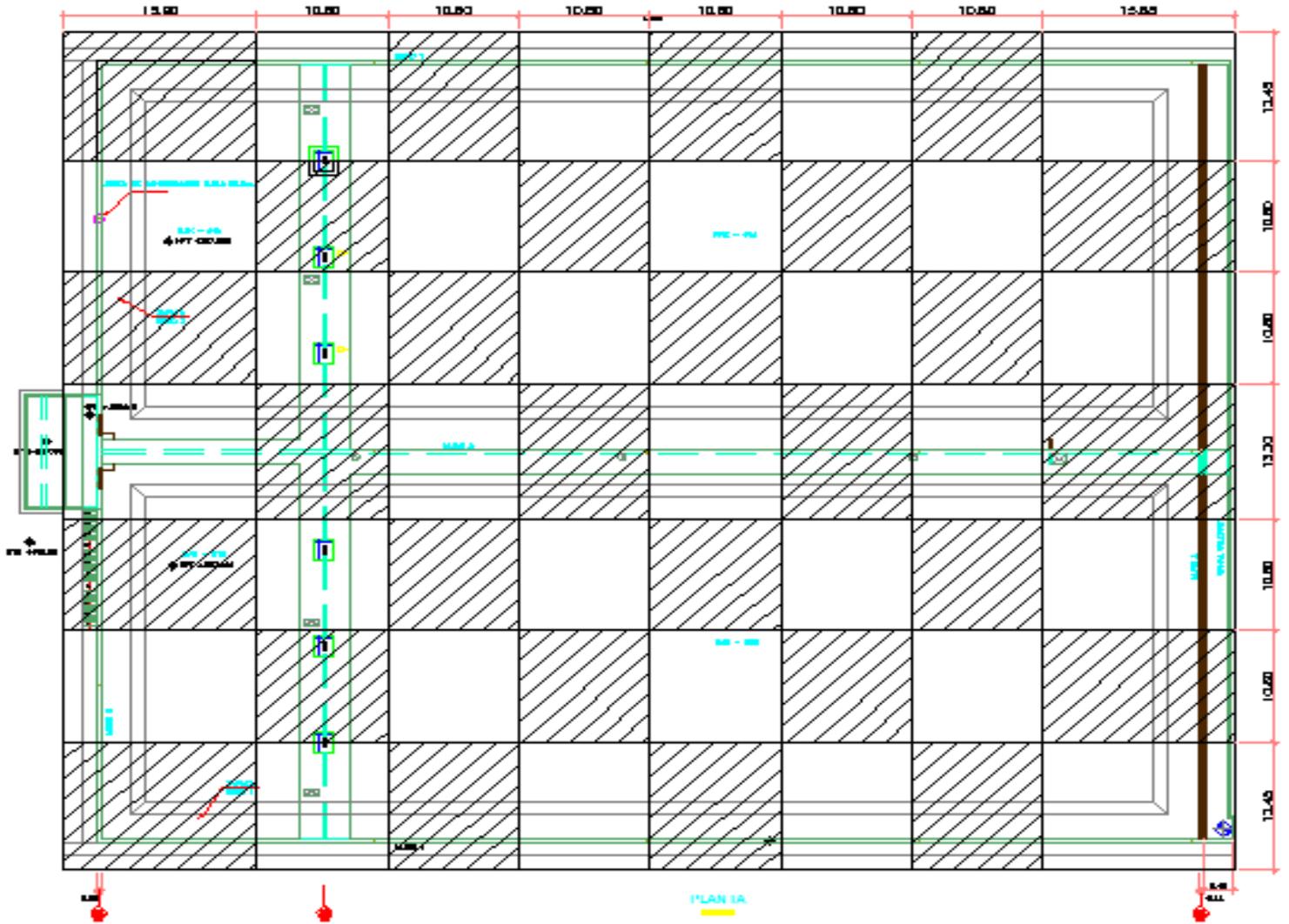


Imagen N°06: Sectorización de la losa del Reactor Biológico

A continuación se muestra el tren de actividades para el reactor biológico que incluye excavación, conformación, solado, acero de zapata, acero losa, acero muro, encofrados y vaciado de concreto.

### Tren de actividades - REACTOR BIOLÓGICO

ACTIVIDAD	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00	7.00	8.00	9.00	10.00	11.00	12.00	13.00
Excavación	L01-1	L02-1	L03-1	L02-2	L03-2	L06-1	L02-3	L06-2	L02-4	L06-3	L02-5	L06-4	L02-6
Conformación		L01-1	L02-1	L03-1	L02-2	L03-2	L06-1	L02-3	L06-2	L02-4	L06-3	L02-5	L06-4
Solado			L01-1	L02-1	L03-1	L02-2	L03-2	L06-1	L02-3	L06-2	L02-4	L06-3	L02-5
Acero - Zapata				L01-1	L02-1	L03-1	L02-2	L03-2	L06-1	L02-3	L06-2	L02-4	L06-3
Acero - Losa					L01-1	L02-1	L03-1	L02-2	L03-2	L06-1	L02-3	L06-2	L02-4
Acero V - Muro					L01-1	L02-1	L03-1	L02-2	L03-2	L06-1	L02-3	L06-2	L02-4
Encofrado - Zapata					L01-1	L02-1	L03-1	L02-2	L03-2	L06-1	L02-3	L06-2	L02-4
Encofrado - Muro (0.20m)						L01-1	L02-1	L03-1	L02-2	L03-2	L06-1	L02-3	L06-2
Water Stop						L01-1	L02-1	L03-1	L02-2	L03-2	L06-1	L02-3	L06-2
Concreto - Zapata							L01-1	L02-1	L03-1	L02-2	L03-2	L06-1	L02-3
Concreto - Losa							L01-1	L02-1	L03-1	L02-2	L03-2	L06-1	L02-3

Imagen N°07: Tren de Trabajo en el Reactor Biológico

Además, se tiene considerado vaciar los muros en tres alturas (Ver imagen N°08), la distancia entre las juntas no mayor a 15 m (Ver imagen N°09: Distribución de paños en muros), el encofrado a utilizar será de tipo Nevi-Ulma, los andamios del tipo Brio-Ulma

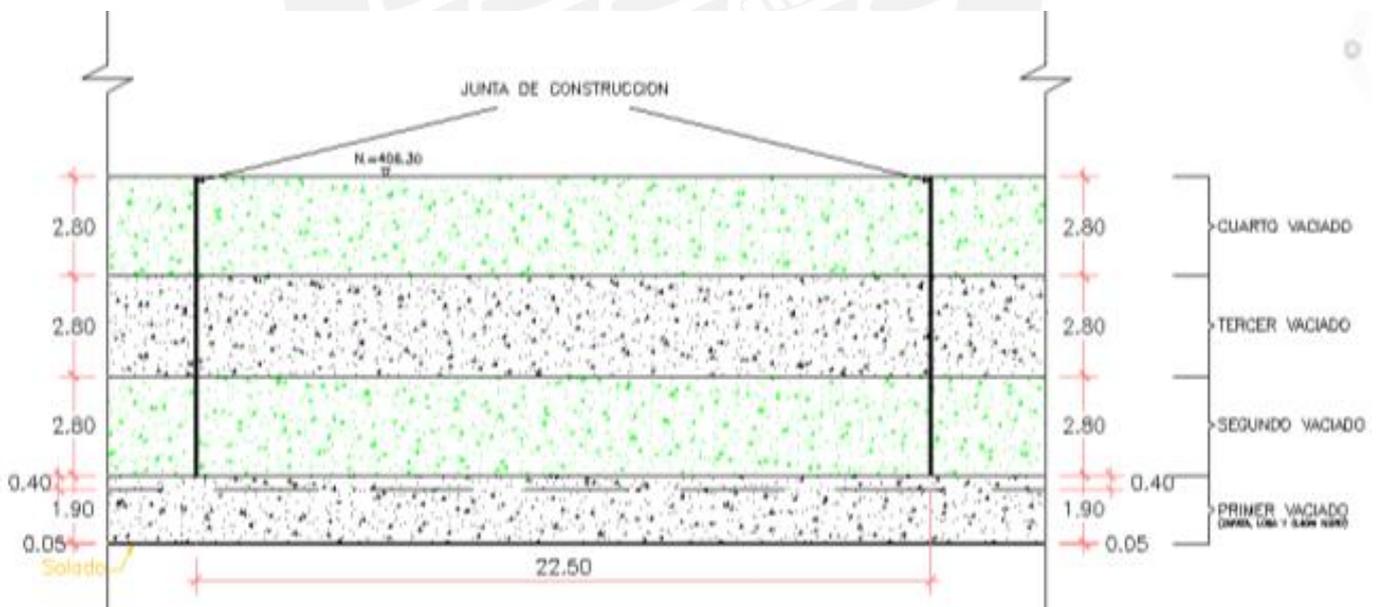


Imagen N°08: Procedimiento de vaciado en muros del reactor biológico

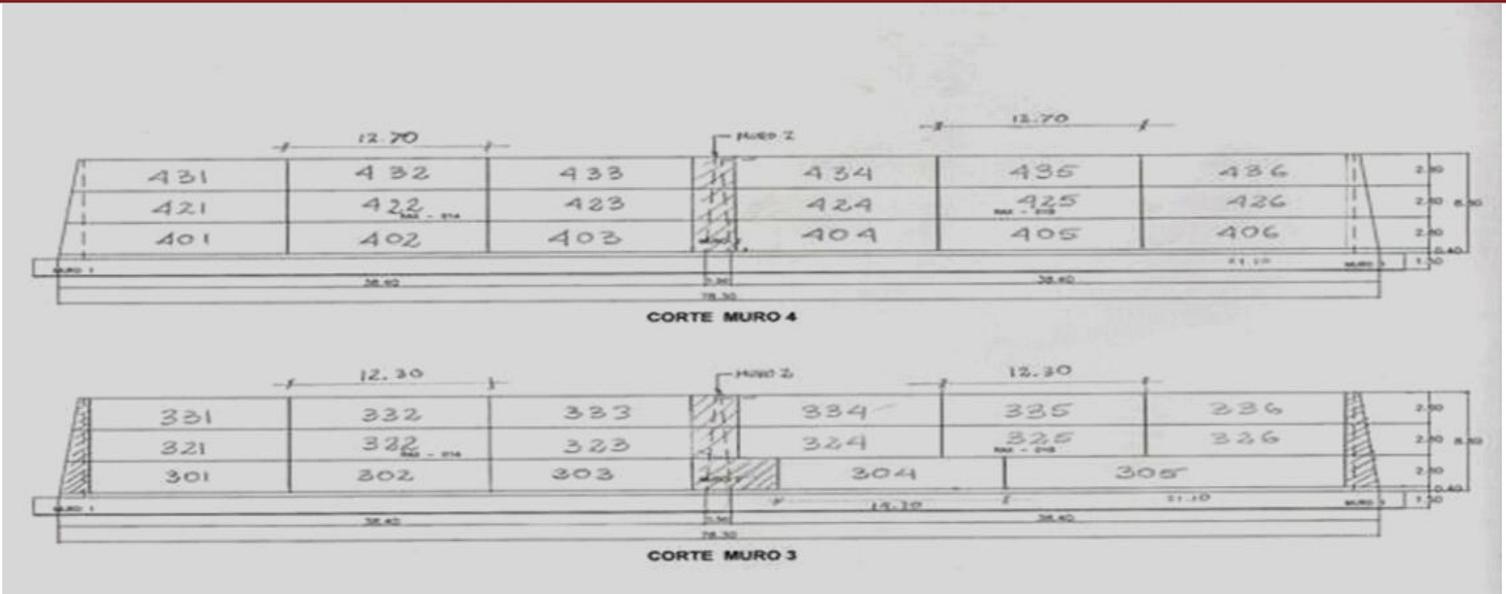


Imagen N°09: Distribución de paños en muros del Reactor

### Clarificadores Secundarios

Características:

Se tienen dos clarificadores secundarios en la planta cuyos volúmenes son de 7 155 m<sup>3</sup> cada uno, Tienen un diámetro de 45 m y una altura de 5 m, se empleara 1 728 m<sup>3</sup> de concreto, 148 800 kg de acero, 4 000m<sup>2</sup> de encofrados. Ver imagen N°10

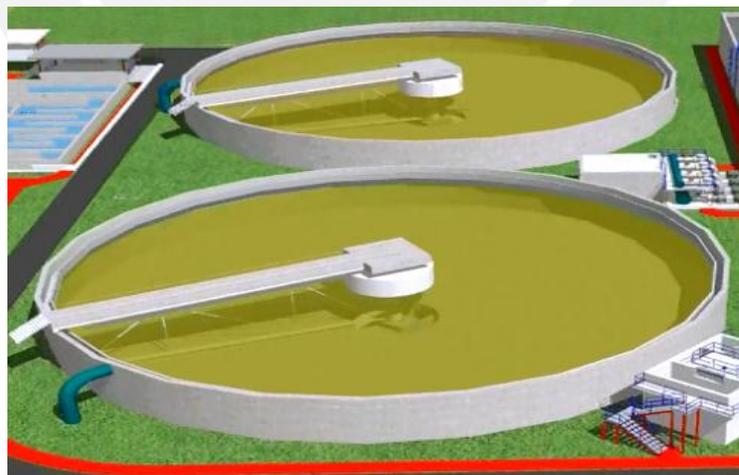


Imagen N°10: Clarificadores Secundarios



Para los muros se utilizará concreto autocompactante, el encofrado será del tipo Ulmaflex con triplay fenólico, dado que el encofrado se colocara hasta cinco metros de altura resulta necesario el empleo de una grúa telescópica.

### **Filtros de Arena**

Características:

Debido a su complejidad esta estructura debería considerarse una obra de arte, consta de seis filtros de arena independientes, tiene un área de 325 m<sup>2</sup>, se proyecta utilizar 475 m<sup>3</sup> de concreto ( $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>), 40 392 kg de acero y 2 154 m<sup>2</sup> de encofrado. Ver imagen N°13.

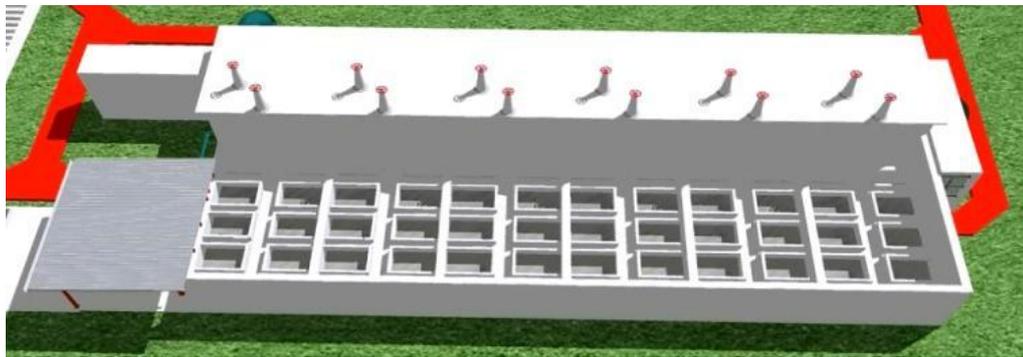


Imagen N°13: Filtros de Arena

Proceso constructivo:

El encofrado a utilizar será del tipo Nevi y Comain- Ulma, para las galerías filtrantes se empleara encofrado de madera, ya que cuenta con canales que se interceptan en forma perpendicular. Además, se proyecta instalar vigas del tipo “V” invertido la cual cuenta con niples de PVC cada 30 cm y sobre estas vigas se colocara grava y arena seleccionadas, por lo tanto estas vigas se harán prefabricadas.

### **Tanque de contacto de cloro**

Características:

Esta estructura tiene canales de dos metros de ancho en forma de zic zac, tiene un área de 483 m<sup>2</sup>, un canal parshall a la salida de la cámara, además se emplearan 291 m<sup>3</sup> de concreto ( $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>), 15 909 kg de acero y 1 400 m<sup>2</sup> de encofrado.

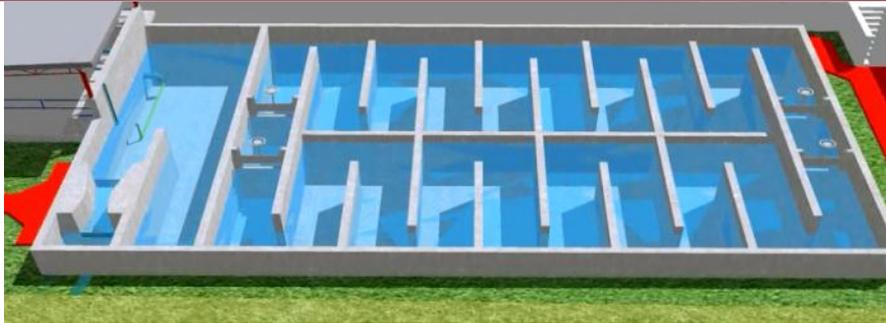


Imagen N°14: Cámara de Contacto de Cloro

#### Proceso Constructivo:

El encofrado vertical a utilizar es del tipo Nevi- Ulma, para el vaciado de los muros se considera dividir en ocho lotes.

#### Espesador de lodos

##### Características

Esta estructura en su forma es similar a la de los clarificadores secundarios, tiene un volumen de 1 054 m<sup>3</sup>, un área de 938 m<sup>2</sup> un diámetros de 16 m, una altura de 5 m y se proyecta vaciar 140 m<sup>3</sup> de concreto ( $f'c=280$  kg/cm<sup>2</sup>), 17 964 Kg de acero y 1200 m<sup>2</sup> de encofrado.

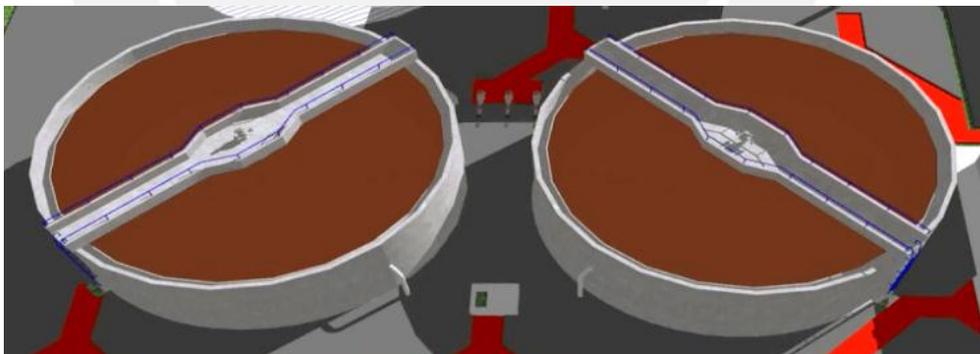
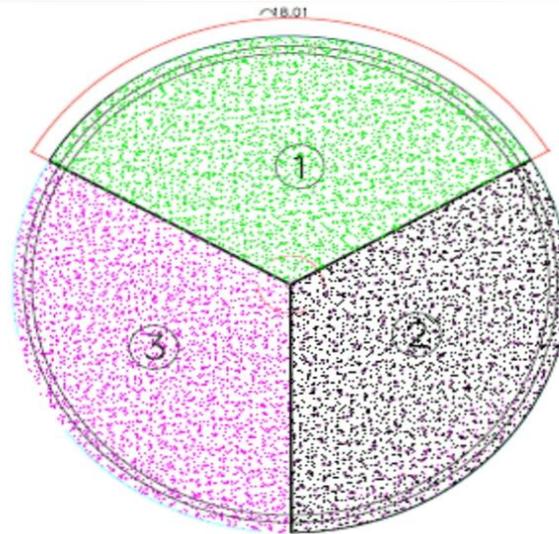


Imagen N°15: Espesador de Lodos

#### Procedimiento Constructivo:

Se proyecta dividir la losa en tres partes iguales, tal como se puede visualizar en la siguiente imagen.



PROCEDIMIENTO DE VACIADO  
LOSA DEL ESPESADOR DE LODOS

Imagen N°16: Sectorización de la losa de Espesador de Lodos

En el caso de los muros, se considera dividir en cuatro partes iguales, los cuales serán vaciados en dos alturas, tal como se puede apreciar en la imagen N°17. El encofrado vertical será del tipo Comain- Ulma.

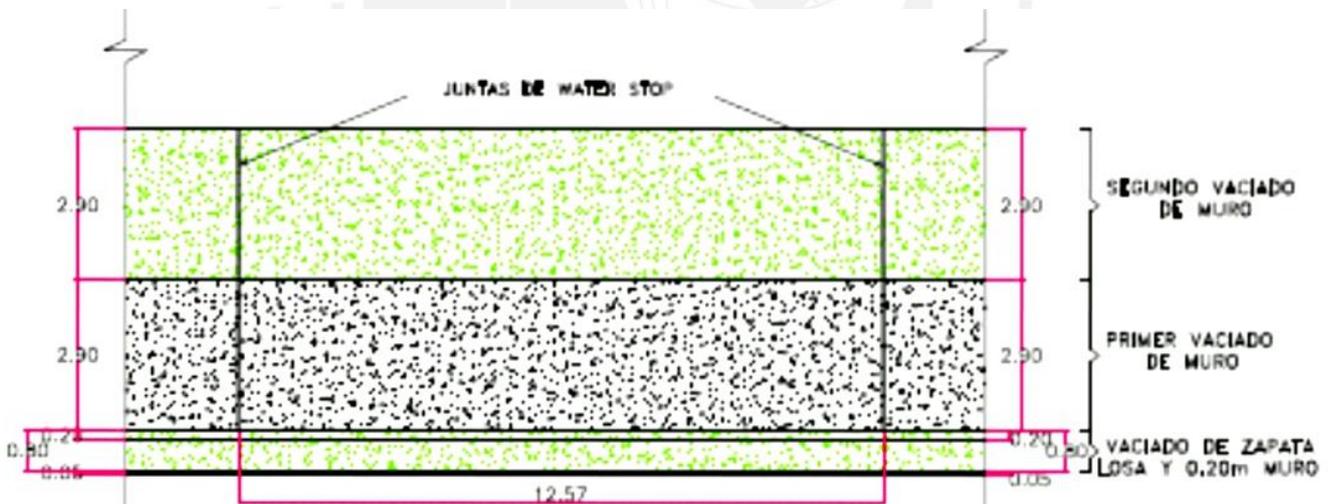


Imagen N°17: Procedimiento de Vaciado en Muros del Espesador de Lodos

## Sopladores

Características:

Es una estructura porticada con muros de albañilería confinada, tiene un área de 273 m<sup>2</sup>, un largo de 24 m y un ancho de 11.37m. La cantidad de concreto previsto es de 214 m<sup>3</sup> ( $f'c=210$  kg/cm<sup>2</sup>), la cobertura de esta estructura será con ladrillo pastelero. El techo es una losa aligerada con ladrillos de 0.30 x 0.30 x 0.25. Ver imagen N°18

Proceso Constructivo:

Por la altura de las columnas se proyecta vaciar en dos etapas, se utilizara encofrado del tipo Comain – Ulma y los andamios del tipo Brio- Ulma

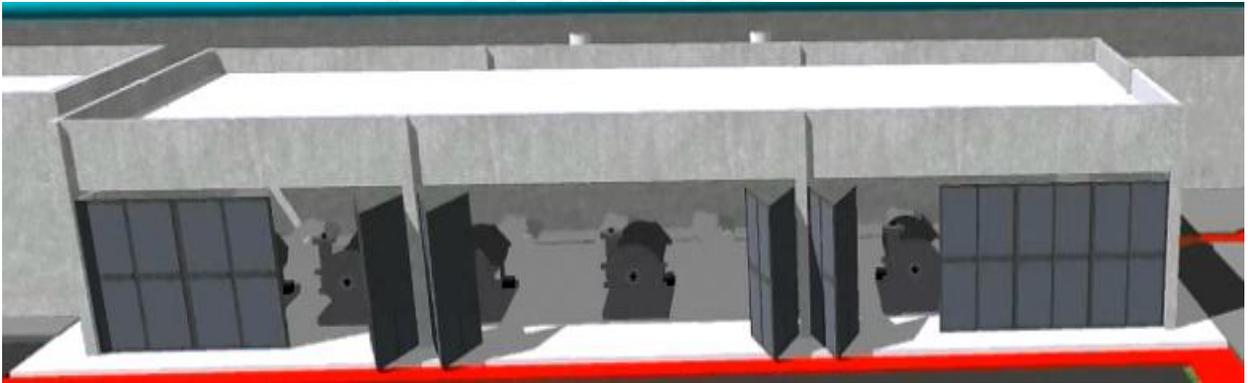


Imagen N°18: Caseta de Sopladores

### 5.1 CONSTRUCTABILIDAD

La constructabilidad se refiere a la integración entre diversas áreas o procesos dentro de la construcción; para ello no solo se debe considerar una estrecha relación entre el diseño y la construcción, sino que además se debe considerar la integración entre el proceso de adquisiciones, subcontratas, relaciones con los Stakeholders, etc. de modo que se superen muchos de los problemas que actualmente se dan en el proceso de construir.

Por ejemplo: en la construcción de la planta de tratamiento es importante definir el tipo de concreto a emplear dependiendo del tipo de estructura en el caso del concreto autocompactante, este permite vaciar alturas mayores de tres metros, sin embargo es un concreto 17% más caro, se produce 50% más de presión por lo que se requiere un encofrado más pesado y por lo tanto más costoso y posiblemente hasta el uso de una grúa.

En relación a los andamios, dado el uso intensivo de los mismo en la planta de tratamiento se debe analizar la posibilidad de comprarlos considerando el tiempo que estos van a ser necesarios.

En caso del cerco perimétrico, se debe analizar la posibilidad de usar un muro confinado y no del tipo UNI como estaba contemplado en el proyecto. Esto debido a que este cerco requiere la utilización de un equipo de izaje. Con los ejemplos mencionados se muestra que se debe considerar el proceso constructivo y la adquisición o contratación de servicios, que se dan desde la etapa de diseño.

## 5.2 OBRAS PROVISIONALES

Dentro de las obras temporales o provisionales se consideran los trabajos necesarios para poder ejecutar el proyecto, dentro de estos trabajos previos se pueden identificar a las siguientes actividades:

- ✓ Limpieza de terreno
- ✓ Oficinas
- ✓ Servicios Higiénicos
- ✓ Servicios de agua y luz
- ✓ Guardianía
- ✓ Comedores
- ✓ Almacenes
- ✓ Cerco perimétrico
- ✓ Delimitación de accesos vehiculares y peatonales
- ✓ Tópico para primeros auxilios

En el plan de arranque del proyecto se deben considerar todas las actividades o trabajos necesarios para llevar a cabo con éxito el proyecto, para ello se recomienda realizar una matriz de responsabilidades de modo de que se garantice el cumplimiento de dichos trabajos en donde se incluya a las diferentes áreas de la empresa, oficina técnica, producción, prevención de riesgos, logística, gerencia, etc.

Por otro lado, se sugiere poner fechas límite o de cumplimiento de actividades para poder realizar seguimiento a dichas actividades. Es importante dar un buen inicio a las actividades y se deben enfocar los esfuerzos para realizar con éxito el arranque del proyecto. A continuación se muestra la matriz del plan de arranque del proyecto:

PLAN DE ARRANQUE												
ÁREA	ACTIVIDAD	Gerente / Residente	Producción	Oficina Técnica	Administrador	Ingeniería	Gestión Contractual	Prevención de Riesgos	Sistemas	Logística	Equipos	Otros
Oficinas, almacenes y servicios	Vigilancia				X							
	Transporte de equipos y material				X					X		
	Autorizaciones Municipales				X							
	Conexión de telefónica, internet				X							
	Instalaciones de servidor				X							
	Sistema contra incendios							X				
	Oficinas y almacenes	X			X							
	Servicio de alimentación a obra				X							
	Instalación de sistemas informáticos				X							
	Revisión del sistema de alcantarillado oficinas		X									
	Instalación del Software			X	X				X			
Trámites Administrativos	Manejo de cartas fianzas			X	X							
	Contabilidad del Proyecto				X							
	Contrato de Seguros				X							
	Obtención de permisos municipales				X							
	Apertura de Planillas				X							
	Obtención de terreno PTAR	X					X					
	Inscripciones en AFP, ONP, ESSALUD				X							
	Cuadernos de Obra (notario)	X			X							
Preparación de Ejecución	Cuadrilla topografía		X	X								
	Compra de herramientas		X		X					X		
	Identificación de canteras	X	X									
	Compra de implementos de seguridad		X		X					X		
	Levantamiento topográfico		X	X								
	Equipos: Excavadora, cargadores frontales, etc.		X	X							X	
	Uniformes e implementos de seguridad personal y grupal				X					X		
	Control de calidad	X	X	X								
	Cronograma general		X									
	Formatos de check list, tareas y ATS				X							
	Movilización de equipos propios y de terceros		X	X							X	
	Incorporación de obreros		X		X							
Inicio de construcción (hito)		X										
Trámites con el cliente	Recepción del proyecto	X										
	Facturación y cobranza de adelanto				X							
	Abrir el Cuaderno de Obra				X							
	Plan de seguridad y control de calidad							X				
Plan del Proyecto	Revisión y ajuste del Plan del Proyecto	X	X	X								
	Flujo de caja			X	X							
	Programación detallada del Proyecto		X									
	Implementación del Sistema del Último Planificador		X									
	Pedidos de suministros críticos		X									

Tabla N°18: Matriz de Plan de Arranque

Algunas consideraciones adicionales al plan de arranque del proyecto son:

- ✓ Contar con profesionales que tengan experiencia en arranques de obra.
- ✓ Contar con una ingeniería detallada y con planos “aptos para construcción”.

- ✓ Liderazgo por parte de la gerencia y jefes de área.
- ✓ Conocimiento de procesos o procedimientos.
- ✓ Contar con sistemas de comunicaciones preestablecidos.

### 5.3 EQUIPOS

En la tabla N°04: ABC de Equipos, se puede observar la lista de equipos a emplearse en la construcción de la planta de tratamiento de aguas residuales, ordenados en forma descendente considerando el costo en el que se incurre en ellos. Como se puede observar, aproximadamente el 75% del costo de los equipos se encuentra en excavadoras, cargadores frontales, camión volquete, grupo electrógeno y grúas.

Dentro de la estrategia de ejecución de actividades se recomienda implementar una adecuada gestión de equipos para lo cual se propone lo siguiente:

- ✓ Planificar la vida útil de los equipos: realizar mantenimientos preventivo, predictivos y correctivos,
- ✓ Concientizar a los operadores de equipos en la relación causa-efecto
- ✓ Garantizar la disponibilidad de los equipos y la confiabilidad de los mismos.
- ✓ Controlar los servicios de mantenimiento
- ✓ Controlar ratios de combustible, aceites,
- ✓ Realizar una adecuada selección del tipo de llantas a emplear en el proyecto, depende de las características del terreno, tipo de trabajo a realizar, etc.

### 5.4 SUBCONTRATAS

El proceso de subcontratación debe estar claramente definido en las estrategias de ejecución de modo que se pueda llevar a cabo el cumplimiento de las actividades subcontratadas en donde no se perjudique a ninguna de las partes: contratista y subcontratista. Para ello se planea lo siguiente:

- ✓ Definir procedimiento en la elección de subcontratistas
  - 1ero: Necesidad de servicio de construcción o fabricación.
  - 2do: Convocatoria a postores (se recomienda a 03 como mínimo)
  - 3ero: Elaboración de Cuadro Comparativo
  - 4to: Elección de Postor
  - 5to: Elaboración de contrato u orden de servicio
  - 6to: Charlas de inducción en prevención de riesgos

- ✓ Valorizaciones
  - 1ero: Presentación periódica de avances.
  - 2do: Verificación por parte de Calidad
  - 3ero: Aprobación de Valorización
  
- ✓ Comunicación con Subcontratistas
  - Las comunicaciones con los subcontratistas permiten llevar a cabo un mejor desempeño de los mismos. Para mayor detalle ver capítulo 4.6



## 6 GESTIÓN CONTRACTUAL

El objetivo de la gestión contractual es identificar oportunidades y minimizar riesgos o amenazas concernientes al Contrato, además debe garantizar el cumplimiento del mismo.

Así mismo debe considerar un adecuado manejo que permita una buena relación laboral con el cliente. Se debe considerar que muchas veces se presentan intercambio de ideas, confrontaciones, etc. que desgastan la relación laboral-comercial; la gestión contractual debe garantizar las buenas relaciones con el cliente y lograr su satisfacción sin dejar de lado nuestros derechos.

Antes de la firma del contrato se debe realizar un estudio y/o análisis de todos los documentos del contrato de modo de poder tomar decisiones de contractibilidad en forma oportuna. Estos documentos vendrían a ser:

- ✓ Contrato.
- ✓ Carta de aceptación
- ✓ Acta de acuerdos
- ✓ Oferta del contratista
- ✓ Absolución de consultas
- ✓ Especificaciones técnicas particulares y generales.
- ✓ Planos
- ✓ Metrados
- ✓ Precios Unitarios
- ✓ Formula Polinómica

### **Análisis del Contrato**

Al inicio del proyecto se debe realizar el análisis del contrato, en el cual se debe identificar:

- ✓ El alcance del proyecto.
- ✓ Exclusiones y/o actividades no consideradas en el contrato (puede ser causal de adicionales)

- ✓ Identificar y/o definir la prelación de documentos del contrato
- ✓ Revisar la ley de contrataciones con el estado.
- ✓ Posibles oportunidades (adicionales)
- ✓ Riesgos y/o amenazas

Los documentos a tener en cuenta para el análisis del contrato son:

- ✓ Propuesta Técnica y Económica
- ✓ Contrato
- ✓ Condiciones Generales y Particulares.
- ✓ Bases de diseño
- ✓ Filosofía Básica de operación

Hay que tener en cuenta que el tipo de contrato es el de Concurso Oferta bajo la modalidad a Suma Alzada y que las bases de la oferta están sujetas a lineamientos generales (dado que no existe una ingeniería) que vendrían a ser las bases de diseño, la filosofía de operación, tipos de proceso, bases del diseño de sistemas de control.

### **Consideraciones en Proyectos de Inversión Pública**

El ciclo de proyectos de inversión pública está dado en tres fases:

- Pre-Inversión: Está compuesta por la definición del Perfil del Proyecto, la pre-factibilidad y factibilidad del mismo.
- Inversión: Expediente Técnico Definitivo y Ejecución
- Post-Inversión: Operación y mantenimiento.

El proyecto de la Planta de tratamiento de Residuos Sólidos comprende el ciclo de Inversión para SEDAPAL (el Estado).

Funciones durante la ejecución del proyecto del Administrador Contractual

- Estar informado del avance de la obra y dar la alerta en caso de encontrarse en retraso.
- Verificación del progreso en las Valorizaciones mensuales.
- Resolver discrepancias de diseño.
- Atender reuniones contractuales.

## 7 CALENDARIOS

El realizar el planeamiento de la obra nos permite elaborar los calendarios de desembolsos (flujo de caja), materiales, mano de obra y equipos.

- Calendario de Desembolsos (Flujo de Caja)

El flujo de caja es el flujo de entradas y salidas de dinero, y es medido cada cierto periodo, es importante ya que permite determinar la liquidez del proyecto. El hecho de que el proyecto no tenga liquidez no quiere decir que no vaya a generar rentabilidad, pero es importante tener liquidez para poder solventar sus gastos operacionales sin necesidad de requerir de financiamientos, que traerían consigo gastos innecesarios como pagos de intereses, moras, etc.

- Calendario de Mano de Obra

El saber la cantidad de mano de obra a emplear nos permite poder tomar mejores decisiones sobre el proyecto, en el caso de la proyección realizada se ha tenido en cuenta los siguientes parámetros:

La cantidad de horas semanales trabajadas por el personal obrero será 48 HH, que se distribuirán de la siguiente manera: 8.5 horas diarias de lunes a viernes y los días sábados 5.5 horas.

La curva de mano de obra proyectada para el proyecto de la planta de tratamiento de aguas residuales se muestra en el Grafico N°01 Curva de Empleo de Mano de Obra.

- Calendario de Equipos

Dentro del planeamiento se considera el tipo de equipo a emplear considerando la necesidad, el tiempo a requerirse, los rendimientos, costos, mantenimientos, etc.

## 8 PROBLEMAS DE OBRA

Un proyecto como la construcción de una planta de tratamiento de aguas residuales por su complejidad y magnitud presenta una serie de problemas, a continuación mostraremos los principales problemas:

### **Programación:**

- ✓ Cambios en la programación.
- ✓ Inadecuado uso de las herramientas de programación
- ✓ Análisis de restricciones ineficiente
- ✓ Mala asignación de recursos
- ✓ Falta de compromiso en la realización de los reportes (look ahead, PPC, restricciones, plan semanal)

### **Calidad:**

- ✓ Entrega tardía de información, referente a procedimientos de construcción, pruebas a realizarse, etc.

### **Logística:**

- ✓ Falta de abastecimiento oportuno de materiales.

### **Procura:**

- ✓ El equipamiento de la planta de tratamiento, es el núcleo del funcionamiento de la planta,

### **Ejecución:**

- ✓ Atrasos
- ✓ Re trabajos
- ✓ Interferencias con subcontratistas, que ocasionan retrasos, trabajos rehechos, etc.

### **Equipos:**

- ✓ Fallas o averías en los equipos, se recomienda un plan de mantenimiento preventivo.

**Oficina Técnica:**

- ✓ Al tener una variedad de subcontratos, se debe establecer procedimientos que permitan controlarlos eficientemente a los subcontratistas.
- ✓ Falta de control de combustibles.
- ✓ Falta de control de agregados.

**Administración:**

- ✓ Falta de personal especializado para ejecución en obra.
- ✓ Falta de permisos, licencias
- ✓ Falta de pagos a proveedores
- ✓ Falta de pago a subcontratistas

**Ingeniería:**

- ✓ Falta de control de cambios, esto puede tener un impacto significativo en el proyecto.
- ✓ Incompatibilidades
- ✓ Falta de planos “aptos para construcción”

**Administración Contractual:**

- ✓ Al ser un contrato con el estado, se requiere un eficiente control documentario, se recomienda tener el histórico de los problemas contractuales, ya sean relacionados con la ingeniería o la construcción del proyecto.

**Subcontratas:**

- ✓ Interferencias
- ✓ Falta de alineamiento de subcontratistas con la filosofía del Lean Construction.
- ✓ Falta de compromiso en el cumplimiento (plazos), se recomienda subcontratar a empresas que cuenten con cierta trayectoria y experiencia en el rubro.

**Externos:**

- ✓ Marchas sindicales
- ✓ Huelgas

**Supervisión:**

Al ser un proyecto EPC (ingeniería, procura y construcción), la aprobación de la ingeniería (planos) por parte de la supervisión podría resultar lenta y puede significar retrasos y demoras.

- ✓ Cambios en la ingeniería. Se debe tener un adecuado control de cambios tal como se puede apreciar en la tabla N°17.

Por otro lado, se debe tomar en cuenta que la comunicación es un aspecto importante para el éxito de los proyectos, se deben considerar los procesos para una toma de decisiones eficaz y una gestión del conocimiento que permitan no volver a cometer los mismos errores en proyectos futuros.



## 9 IMPACTO AMBIENTAL

### Generalidades

Los impactos ambientales se refieren a la alteración significativa del medio ambiental, el objetivo es poder identificar los potenciales impactos ambientales y tomar las medidas necesarias.

Como herramienta se empleara la matriz de Leopold Modificado, el cual asigna un valor relativo considerando su probabilidad de ocurrencia, importancia y magnitud para finalmente cuantificarla.

### Metodología

Para la identificación de potenciales impactos ambientales se considera una caracterización de los mismos y los criterios a utilizar.

### Caracterización de Impactos

Establecemos los tipos de impacto considerando su importancia y magnitud. Para lo cual se debe realizar un análisis del proyecto (influencia del área del proyecto), se realiza la matriz de identificación y evaluación de impactos ambientales.

Después de determinar lo mencionado recién se puede realizar el plan de manejo ambiental.

### Criterios de Evaluación de impactos

La evaluación debe considerar las diferentes etapas del proyecto, sean estas: Etapas de diseño, construcción, operación, mantenimiento y cierre.

Para ello tenemos:

Significancia ambiental:

$$SI = C(Po)(M)(D)(G)$$

SI = Significancia Ambiental

C = Carácter

Po = Probabilidad de ocurrencia

M = Magnitud. Es la sumatoria de la extensión, intensidad, desarrollo y reversibilidad.

D = Duración.

G= Mitigabilidad

Los criterios a emplear pueden ser:

- Carácter: Considera si el impacto mejora o empeora la condicional inicial del ambiente.
- Magnitud: Identifica la zona de influencia del impacto teniendo en cuenta la intensidad y desarrollo.
- Probabilidad de ocurrencia



## 10 PLAN DE RIESGO Y CONTINGENCIA

### Generalidades

El plan de contingencias tiene la finalidad de proporcionar las herramientas o mecanismos a seguir en situaciones de emergencia que pueden ocurrir durante la construcción y operación de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Estas situaciones de emergencia podrían ser deslizamientos, inundaciones, terremotos, incendios, derrames de sustancias peligrosas, etc.

Este plan deberá estar en un lugar visible para que todo el personal pueda acceder a él. Se debe comunicar formalmente a las instituciones de salud (postas médicas, hospitales) y comisarias sobre el inicio de la ejecución del proyecto.

### Riesgos Previsibles en la Zona de Influencia del Proyecto

Riesgos	Lugar Ocurrencia	Medidas Preventivas
Incendios	Sitios de almacenamiento y manipulación de combustibles.	Cumplimiento cuidadoso de las normas de seguridad industrial en lo relacionado con el manejo y almacenamiento de combustibles.
Movimientos sísmicos.	Generación de sismos de mayor o menor magnitud, que puedan generar desastres y poner en peligro la vida de los trabajadores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumplimiento de las normas de seguridad industrial.</li> <li>- Coordinación con las entidades de socorro del distrito.</li> <li>- Señalización de rutas de evacuación y divulgación sobre la localización de la región en una zona de riesgo sísmico.</li> </ul>
Falla de estructuras.	Estribos, cimentación, estructuras de desvío.	Llevar un control adecuado, tanto de la calidad de los materiales utilizados, como de los procesos constructivos.
Accidentes de trabajo.	Se pueden presentar en todos los frentes de las obras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumplimiento cuidadoso de las normas de seguridad en la construcción</li> <li>- Uso adecuado de implementos de seguridad del personal.</li> <li>- Señalización clara que avise al personal y a la comunidad al tipo de riesgo que se someten.</li> <li>- Cerramientos con cintas reflectivas, mallas y barreras, en los sitios de más posibilidades de accidentes.</li> </ul>

Riesgos	Lugar Ocurrencia	Medidas Preventivas
Corte de fluido eléctrico.	Se pueden presentar en todos los frentes de las obras.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- En caso de tener equipos eléctricos funcionando tener prevista otra fuente de energía, cerciorándose si el corte es zonal o total.</li> <li>- Tener un sistema de Grupo electrógeno portátil para situaciones necesarias o de emergencia, como trabajos nocturnos.</li> <li>- En caso de trabajos nocturnos implementación con implementos como linternas uniformes, maquinarias y equipos con reflectivos</li> </ul>
Huelga de trabajadores.	Cualquier parte del proyecto podría verse afectado.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumplir con rigurosidad de las normas de trabajo establecidas por la legislación peruana.</li> <li>- Garantizar buenas condiciones físicas y psicológicas en el trabajo.</li> <li>- Mantener una buena comunicación entre los trabajadores y la empresa contratista.</li> </ul>
Cierre de vías principales y/o vía férrea,	En la zona de pases de tuberías en carretera central y en vía férrea	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cumplir con rigurosidad de las normas de trabajo establecidas por la legislación peruana.</li> <li>- Seguir las especificaciones técnicas ya mencionadas, así como usar un plan de trabajo.</li> <li>- Tener los permisos para trabajos sin conflictos in retrasos.</li> <li>- Usar el pan de desvíos y señalización necesaria, con la presencia policial y coordinadores.</li> </ul>

Tabla N°19: Plan de Contingencias del Proyecto

### Diagnóstico de La Emergencia de Emisión de Aguas Residuales

Los posibles riesgos identificados en la planta de tratamiento son:

- Inundación por desborde de río y/o huaycos, que podría dañar y/o colapsar el efluente y by pass de la planta de tratamiento, además esto puede ser producido por sedimentación y/o basura en los puntos de descarga.
- También se pueden producir cortes de energía eléctrica, ondas sísmicas, que podrían interrumpir el buen funcionamiento de los equipos, otro aspecto son los robos.
- Los vientos fuertes podrían dañar las antenas de comunicación y/o señal.
- Los sismos y/o terremotos podrían dañar las estructuras que contienen líquidos.

Personal y equipos necesarios:

- Supervisor de Operaciones, brigada de desastres naturales e incendios, extintores, mangueras, bombas de agua, movilidad de transporte rápido, botiquín, etc.

### **Plan de Evacuación de Emergencias**

El principal objetivo del plan de emergencias es definir procedimientos para responder oportunamente ante una determinada contingencia, de modo que se garantice la seguridad física del personal.

Las acciones a tomar para efectuar el plan de contingencias son: identificar posibles riesgos, implementar acciones preventivas, capacitar al personal de obra.

Cabe mencionar que el plan de contingencias es para todo el proyecto e involucra al contratista y los subcontratistas, siendo el contratista el responsable de asegurar el cumplimiento de las mismas.

### **Aspectos Claves**

- Contar con un sistema contra incendios (extintores), para lo cual se debe contemplar capacitaciones y/o entrenamientos al personal de obra para el adecuado uso de las mismas.
- Contar con provisiones para primeros auxilios.
- Contar con el transporte adecuado para poder movilizar a un herido en caso de emergencia.
- Contar con ropa protectora: guantes, botas, mascarillas, lentes de seguridad, protectores de oído, etc.)
- Tener equipo para contener derrames
- Sistema de alarmas para evacuar al personal.
- Capacitaciones y/o entrenamientos antes del inicio de actividades.
- El personal a cargo del manejo de sustancias peligrosas deberá ser previamente entrenado para el manejo de las mismas.

## Procedimientos Generales

A modo preventivo:

- ✓ Se deberá contar con los medios y mecanismos para prevención y manejo ambiental
- ✓ Se usaran los equipos de protección adecuados dependiendo de la actividad a realizar.
- ✓ Todo el Personal deberá ser entrenado para situación de incendio, derrames y accidentes.
- ✓ Se deberá contar en forma visible con un kit para actuar en caso de derrames.
- ✓ Tener en forma visible los números de bomberos, hospitales, posta médica, policía, etc.
- ✓ Contar con equipos de comunicación.
- ✓ Contar extintores adecuados y vigentes en forma visible.
- ✓ Las herramientas deberán estar en buenas condiciones.
- ✓ Contar con el botiquín de primeros auxilios.

A modo reactivo:

En caso de algún accidente se debe realizar lo siguiente

- ✓ Notificar el incidente al ingeniero responsable indicando la ubicación del mismo.
- ✓ Describir lo que se necesita (ambulancia, atención en posta, revisión médica, etc.)
- ✓ Identificar la gravedad o tipo de accidente.

No cortar la comunicación salvo se le indique lo contrario

## 11 SEGURIDAD EN OBRA

La Prevención de Riesgos tiene la finalidad de operar en condiciones seguras, para ello se debe considerar un sistema integrado de gestión.

En la actualidad, la prevención de riesgos es muy importante por varias razones, la primera y la más importante es para proteger la vida y la salud de las personas que están involucradas con los trabajos a ejecutarse, otras razones pueden ser el impacto en la sociedad que trae un accidente de trabajo, ya que en la actualidad las empresas con mayores estándares de seguridad son más valoradas, tienen un mayor prestigio y por lo tanto mayores posibilidades de ganar licitaciones más importantes.

Para garantizar el éxito en prevención de riesgo es necesario tener una estrategia que debe ser claramente definida por el gerente del proyecto y el jefe de seguridad, para ello se deben tener las siguientes consideraciones:

La prevención de riesgos debe ser involucrada desde el inicio del proyecto (etapa de planeamiento) hasta el cierre del mismo (entrega del proyecto), al inicio del proyecto se deben identificar y definir el equipo de seguridad de obra, recursos necesarios, identificación y acciones preventivas para actividades críticas y el plan de trabajo durante el proyecto, en este plan se deben considerar charlas y capacitaciones (tanto al staff y personal obrero), inspecciones en las diferentes actividades de la obra.

El plan de prevención de riesgos será elaborado por jefe de seguridad y este plan deberá considerar disposiciones legales aplicables al proyecto, objetivos, control operacional, medidas correctivas y de respuesta ante emergencias.

En caso de ocurrir un incidente, este deberá ser debidamente reportado siguiendo la línea de mando, el capataz deberá informar inmediatamente después de ocurrido el incidente al ingeniero de campo y este a su vez al jefe de seguridad quien deberá tomar las medidas necesarias, después de ello se deberá realizar un informe reportando el incidente.

### Sistema Integrado de Gestión

Este sistema se debe considerar desde la planificación en donde se tiene la oportunidad de identificar los peligros o riesgos, identificar aspectos legales y definir los programas para lograr las metas y objetivos, además se deberán establecer responsabilidades.

En la etapa de ejecución se deberá considerar capacitaciones, sensibilización, monitoreo, medición de desempeño, registro y control de incidencias, No conformidades y acciones correctivas.

Para un adecuado control se deberá realizar informes semanales y mensuales en donde se indiquen los índices de frecuencias en incidentes así como la gravedad de los mismos, índice de capacitación, inversión, análisis de No conformidades, etc.



## 12 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Construir una planta de tratamiento de aguas residuales involucra la interrelación entre diversas especialidades, ya que intervienen obras civiles; instalación de redes de líneas de procesos (tuberías de lodos, aire, agua, gas y drenajes); instalaciones eléctricas (suministro de energía, redes de comunicación, alumbrado interior y exterior, pozos a tierra y cableado de fuerza); instalaciones hidráulicas (válvulas de aire, purga, presión, de onda, sensores de nivel, presión, caudal, bombas de retro lavados, etc.); Obras exteriores (pavimentación, cerco perimétrico, veredas, jardines, etc.).

En el área de obras civiles se debe tener un adecuado estudio de suelos, de lo contrario impactara al diseño estructural por lo que se podría incurrir en cambios que conllevan a un mayor costo y posiblemente mayores plazos de ejecución. Se recomienda que el área de diseño estructural se involucre con la especialidad de estudios de suelos de modo que se puedan tomar decisiones asertivas

Dado que este es un proyecto EPC la ingeniería está a cargo del proyecto y es imprescindible que se consideren los procedimientos y mecanismos necesarios para garantizar que los planos emitidos sean “aptos para construcción”; es decir, que estos estén debidamente compatibilizados a nivel de estructuras, hidráulico y eléctrico. El no hacerlo impacta directamente con la planificación, con los flujos de procesos (trayendo consigo pérdidas de horas hombre, horas máquina, trabajos rehechos, etc.). En consecuencia se pierde confianza ante la supervisión y se produce desgaste en la relación contratista – cliente. Ante lo mencionado se hace necesario implementar herramientas BIM desde la etapa de diseño, invertir una mayor cantidad de horas hombre en ingeniería en donde se maneje una coordinación adecuada entre las diversas especialidades con la finalidad de obtener soluciones conjuntas y mejoras para el proyecto.

Por último, se resalta la importancia de definir desde el inicio del proyecto los canales de comunicación, transferencia de información y gestión del conocimiento que hacen hoy en día generar un valor agregado al proyecto.

**13 BIBLIOGRAFIA:**

- ✓ PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE, INC.  
2008            Guía De Los Fundamentos Para Dirección De Proyectos (Guía Del PMBOK) Cuarta Edición
- ✓ BALLARD, Herman Glenn  
2000            The Last Planner System of Production Control
- ✓ GHIO CASTILLO, Virgilio  
2003            Productividad en Obras de Construcción. Diagnóstico, Crítica y Propuesta.
- ✓ ROJAS VERA, Raúl  
2005            La Construcción: Estudio e Implementación de una Nueva Filosofía de Planificación de Proyectos "Lean Construction".
- ✓ BOTERO BOTERO, Luis Fernando y ÁLVAREZ VILLA, Martha Eugenia  
2005            Last planner, un avance en la planificación y control de proyectos de construcción.
- ✓ BOTERO BOTERO, Luis Fernando  
2006            Lean Construction Como Nueva Estrategia de Gestión en la Construcción.
- ✓ VELIZ FLORES, José Luis  
2007            El Planeamiento mediante la Lookahead Schedule
- ✓ DAVENPORT, T.H y PRUSAK, L.  
1998            Working Knowledge, Harvard Business School Press, Boston.

## Revistas:

- ✓ SERPELL, Alfredo y FERRADA, X  
2009    La Gestión del Conocimiento y la Industria de la Construcción, vol 8, Num 1, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- ✓ SCHINDLER, M y EPPLER, M.  
2003            Harvesting project knowledge: a review of project learning methods and success factors. International Journal of Project Management, Vol 21, pp: 219-228
- ✓ CARRILLO, P y ROBINSON, H.  
2004            Knowledge Management in UK Construction: Strategies, Resources and Barries. Project

Páginas Web:

- ✓ Autoridad Nacional del Agua, <http://www.ana.gob.pe>

