

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA

FACULTAD DE INGENIERÍA DE PRODUCCIÓN Y SERVICIOS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA MECÁNICA



**MONTAJE DE 1 TANQUE ESPESADOR DE RELAVE DE 43 METROS DE
DIÁMETRO Y 743 TONELADAS DE ESTRUCTURA EN MINERA
CHINALCO PERÚ**

**Trabajo de Suficiencia Profesional
presentado por el Bachiller:**

JULIO CESAR JUAREZ MOLINA

Para optar el Título Profesional de:

INGENIERO MECÁNICO

AREQUIPA – PERÚ

2021

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a nuestro Creador por permitir que se haga realidad cada momento solo es necesario pensarlo y ya solo sucede.

Agradecer a mis padres por el apoyo incondicional desde que tuve uso de razón.

A mi alma Mater por forjar día a día a las nuevas generaciones de bien y al servicio de la sociedad.

Agradecer a la Empresa Haug SA, por brindarme las herramientas necesarias y permitirme desarrollarme profesionalmente dentro de sus proyectos, en donde nace este trabajo y escenarios donde se desarrollaron.

RESUMEN

El Perú se ha convertido en uno de los países de destino de la inversión minera en el mundo. Los altos precios internacionales de los metales y la generación de rentas para el país están llevando a que la economía gire en torno a este tipo de actividades, motivadas a recortar tiempos de explotación minera por las industrias extractivas. La expansión del Proyecto Toromocho consiste en una mina de tajo abierto con reservas de cobre y molibdeno, localizada en la parte central de los Andes del Perú; distrito de Morococha, provincia de Yauli, departamento de Junín. Para propósitos del presente, el nombre del titular será Minera Chinalco Perú S.A., o su abreviación Chinalco. El proyecto de expansión tiene como objetivo principal recortar el tiempo de extracción de las reservas de mineral en Chinalco los cuales estaban previstos para 35 años, con el incremento de equipos en la operación este reduciría a solo 25 años de procesamiento, para lo cual dividió los alcances de su proyecto y adjudicó a diversas empresas la construcción de distintas etapas de la expansión, siendo así que este informe se basa en la construcción vertical en el montaje de un espesador de relaves de 43 m de diámetro y 743 toneladas de estructura a cargo de la empresa Haug SA. La recuperación de agua, después de haber realizado los procesos de molienda y flotación de concentrado, es de gran importancia ya que el subproducto (relave), tiene abundante agua y productos químicos que serán recuperados en los tanques de espesamiento gracias a la sedimentación de material pesado y rebose de agua que en estos ocurre. El Tanque de relaves construido es de cono profundo de alta densidad está formado por una columna central la cual soporta el puente de acceso peatonal, el mecanismo hidráulico ubicado sobre la corona de la jaula central encargada de transmitir el movimiento del drive hacia las rastras evitando la solidez de la pulpa de los relaves al fondo del tanque. A su vez están las columnas perimetrales las cuales mantienen todo el peso estructural del piso y las paredes de revestimiento del tanque. Para el montaje estructural del tanque se realiza una planificación de todas las actividades a realizar evaluando los recursos de materiales,

equipos, mano de obra, cálculo y diseño de equipos y herramientas para el apoyo en el izaje de estructuras como orejas de izaje, yugos, memorias de cálculo y rigging plan desarrollados en cada etapa del proyecto.

Palabras clave: montaje, instalación, tanque, mecanismo, unidad hidráulica.

ABSTRACT

Peru has become one of the destination countries for mining investment in the world. The high international prices of metals and the generation of income for the country are leading the economy to revolve around these types of activities, motivated to cut mining times by extractive industries. The expansion of the Toromocho Project consists of an open pit mine with copper and molybdenum reserves, located in the central part of the Andes of Peru; Morococha district, Yauli province, Junín department. For purposes of the present, the name of the holder will be Minera Chinalco Perú S.A., or its abbreviation Chinalco. The expansion project's main objective is to cut the extraction time of the mineral reserves in Chinalco, which were planned for 35 years, with the increase in equipment in the operation this would reduce to only 25 years of processing, for which it divided the scope of its project and awarded various companies the construction of different stages of the expansion, as this report is based on vertical construction in the assembly of a 43 m diameter tailings thickener and 743 tons of structure in charge of the company Haug SA. The recovery of water, after having carried out the milling and flotation processes of the concentrate, is of great importance since the by-product (tailings) has abundant water and chemical products that will be recovered in the thickening tanks thanks to the sedimentation of material. heavy and overflowing with water that occurs in these. The tailings tank built is of deep cone of high density, it is formed by a central column which supports the pedestrian access bridge and the hydraulic mechanism located on the crown of the central cage in charge of transmitting the movement of the drive towards the dredges avoiding the solid from the tailings pulp at the bottom of the tank. At the same time, there are the perimeter columns which maintain all the structural weight of the floor and the lining walls of the tank. For the structural assembly of the tank, a planning of all the activities to be carried out is carried out evaluating the resources of materials, equipment, labor, calculation and design of equipment and tools to support the lifting of structures such as lifting lugs, yokes, memories of calculation and rigging plan developed at each stage of the project.

Keywords: assembly, installation, tank, mechanism, hydraulic unit.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	5
ÍNDICE	7
INTRODUCCIÓN	16
CAPITULO I	17
DE LA EMPRESA	17
1.1 De la empresa.....	17
1.1.1 Descripción.	17
1.1.2 Razón Social.....	17
1.1.3 Información general.	17
1.1.4 Historia.....	18
1.2 Objetivos Organizacionales	18
1.2.1 Visión.	18
1.2.2 Misión.	18
1.2.3 Principales clientes	18
1.3 Organigrama de la Empresa	20
1.4 Nombre del Trabajo	24
1.5 Objetivo.....	24
1.5.1. Objetivo General	24
1.5.2. Objetivo Especifico	25
1.6 Justificación	25
CAPITULO II	26
MARCO TEORICO	26
2.1 Montaje de Estructuras	26
2.2 Tipos de espesadores de relave.....	26
2.2.1 Espesadores según su clasificación estructural.....	27
2.2.2 Espesadores según su clasificación operacional.....	27
2.3 Conceptos teóricos generales.....	28
2.3.1 Tanque de almacenamiento.	28

2.3.2 Puente o Launder Truss:	28
2.3.3 Pozo de Alimentación o Feedwell.	28
2.3.4 Rastras o arms:.....	29
2.3.5 Sistema motriz o Drive:	30
2.3.6 Base de hormigón.....	30
2.3.7 Bombas de transferencia de relaves.....	30
2.3.8 Disco y columna central.....	31
2.4 Normas y estándares	31
2.4.1 Estándares y códigos según la norma API 650.	31
2.4.2 Especificación de la norma API 650.	31
2.5 Propiedades químicas de aceros usados en tanques.....	32
2.6 Tipos de aceros estructurales respecto a las propiedades químicas.....	33
2.6.1 Acero estructural A-36	33
2.6.2 Aceros templados y revenidos (A514 Y A852).	33
2.6.3 Aceros de alta resistencia, baja aleación (A242 Y A572).	34
2.6.4 Aceros usados en elementos del espesador de relaves.....	34
2.7 Soldadura	35
2.7.1 Soldadura en tanques de almacenamiento.....	36
2.7.2 Proceso usado en la construcción del espesador, soldadura FCAW.	37
2.7.3 Juntas de Soldadura.	39
2.8 Calificaciones en el Proceso de Soldadura.....	41
2.8.1. Especificación de procedimiento de soldadura (WPS):	41
2.8.2. Registro de calificación de procedimiento (PQR):.....	42
2.8.3. Calificación de habilidad del soldador (WPQ):.....	42
2.9 Equipos utilizados para el montaje de estructuras.....	42
2.9.1 Unidades de transporte.....	43
2.9.2 Unidades de izaje.	44
2.9.3 Equipos de elevación de personal	46
2.9.4 Equipos livianos	47
2.9.5 Otros Equipos	50

CAPÍTULO III 52

DESARROLLO DEL TRABAJO.....	52
-----------------------------	----

3.1	Términos de referencia	52
3.2	Antecedentes	52
3.2.1	Ubicación	53
3.3	Disciplinas en el proyecto de expansión	53
3.4	Principales empresas que participaron en el desarrollo del proyecto de expansión.	54
3.5	Montaje de un tanque espesador de relaves de 43m de diámetro y 743 tn de estructura en el proyecto de expansión minera Chinalco.	55
3.6	Antecedentes y requerimientos del proyecto.	56
3.6.1	Gantt de actividades	56
3.6.2	Plan de montaje de estructuras.	57
3.7	Herramientas usadas en la construcción	59
3.7.1	Naviswork	59
3.7.2	Tekla estructuras.	60
3.8	Desarrollo de actividades en el montaje del tanque espesador ..	61
3.8.1	Movilización.	61
3.8.2	Montaje de grúa torre MC 310.	62
3.8.3	Procura de materiales.	63
3.8.4	Montaje de columna central y perimétricas.	65
3.8.5	Verticalización de columnas con apoyo topográfico.	66
3.8.6	Montaje de cilindro central.	67
3.8.7	Montaje de jaula central.	68
3.8.8	Montaje de vigas radiales.	72
3.8.9	Montaje de Planchas de Fondo	73
3.8.10	Memoria de cálculo de oreja para izaje.	74
3.8.11	Montaje de revestimiento lateral o casco.	79
3.8.12	Montaje de anillo de rigidez.	80
3.8.13	Montaje de launder.	81
3.8.14	Montaje de mecanismo hidráulico (drive)	81
3.8.15	Montaje de Puente.	82
3.8.16	Rigging plan del montaje de puente de acceso a TK-006.	84
3.8.17	Montaje de la unidad hidráulica.	86
3.8.18	Montaje de Rastras.	87
3.8.19	Montaje de feed pipe - feed well.	87

3.8.20 Pintura.	88
3.8.21 Aplicación de grout en columna central y perimétricas.	89
3.9 Condiciones de término del montaje estructural del tanque espesador.	90
3.9.1 Prueba de Estanqueidad y asentamiento.	91
3.9.2 Entrega de obra a Precom.	93
3.10 Control de avances.	93
3.10.1 Análisis de ratios en el montaje de estructura.	94
3.10.2 Indicadores del comportamiento de tiempo en la construcción del proyecto.	95
3.10.3 Curvas de avance.	96
3.10.4 Histograma de Equipos Principales.	98
	CAPITULO IV
	99
ANALISIS DE COSTOS	99
4.1 Análisis de los costos y presupuestos del proyecto	99
4.2 Principales costos involucrados en el montaje de estructura.	99
4.2.1 Costos del montaje de estructura de soporte	99
4.2.2 Costo del montaje de estructura de revestimiento	100
4.2.3 Costo de la instalación del mecanismo de arrastre.	101
4.2.4 Costo de pintura y pruebas	102
4.2.5 Costo en equipos	102
4.2.6 Costos totales	103
Conclusiones	104
Recomendaciones	105
	Referencias
	106
ANEXOS	107
Anexo 1: Curriculum Vitae	107
Anexo 2: Participación en el proyecto	111
Anexo 3: Procedimientos de soldadura WPS, PQR, WPQR.	112
Anexo 4: Protocolos para liberación de calidad.	129
Anexo 5: Planos de montaje en última revisión.	134

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1.</i> Organigrama General de Haug.....	20
<i>Figura 2.</i> Organigrama area de construcción.....	21
<i>Figura 3.</i> Organigrama área de administración.....	22
<i>Figura 4.</i> Organigrama de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.....	22
<i>Figura 5.</i> Organigrama del area de calidad.....	23
<i>Figura 6.</i> Organigrama área logistica.....	23
<i>Figura 7.</i> Organigrama oficina tecnica.....	24
<i>Figura 8.</i> Clasificación operacional de esperadores. (a) Espesador convencional,	27
<i>Figura 9.</i> Tanque Espesador de Relaves.....	28
<i>Figura 10.</i> Estructura del feedwell – feed pipe, alimentación.....	29
<i>Figura 11.</i> Estructura de la rastra y jaula central.....	29
<i>Figura 12.</i> Bobina de Alambre de aporte Exatub E 71T-1.....	39
<i>Figura 13.</i> Detalle de soldadura Vertical de Anillos de Casco.....	40
<i>Figura 14.</i> Detalle de soldadura entre Anillos de casco.....	40
<i>Figura 15.</i> Detalle de soldadura planchas de fondo.....	41
<i>Figura 16.</i> Camión plataforma en Almacén - Minera Chinalco.....	43
<i>Figura 17.</i> Transporte de barandas desde Almacenen a Obra.....	43
<i>Figura 18.</i> Grúa Telescópica, montaje de elementos estructurales.....	44
<i>Figura 19.</i> Grúa torre.....	44
<i>Figura 20.</i> Camión grúa realizando trabajos de izaje.....	45
<i>Figura 21.</i> Unidad de movimiento de estructuras.....	45
<i>Figura 22.</i> Equipo manlift, ajuste de pernería.....	46
<i>Figura 23.</i> Modulación de Andamios en contorno interno del Espesador.....	47
<i>Figura 24.</i> Rotomartillo Bosh.....	48

<i>Figura 25.</i> Taladro magnético	48
<i>Figura 26.</i> Torquímetro manual.	49
<i>Figura 27.</i> Multiplicador de torque 393Torquímetro.....	49
<i>Figura 28.</i> Máquina de soldar, maletín de porta aporte, proceso Fcaw.	50
<i>Figura 29.</i> Grupo electrógeno ubicado en el área de trabajo	51
<i>Figura 30.</i> Ubicación del Proyecto.	53
<i>Figura 31.</i> Áreas del proyecto de Expansión.	55
<i>Figura 32.</i> Vista del acceso hacia parte superior de tanque.....	60
<i>Figura 33.</i> Vista de columnas de soporte y fondo del tanque.....	61
<i>Figura 34.</i> Cronograma de actividades de soporte de tanque	65
<i>Figura 35.</i> Columnas sobre Pedestales	66
<i>Figura 36.</i> Cilindro central, detalle de soldadura.....	67
<i>Figura 37.</i> Diagrama de cargas de grúa telescópica de 100 tn.....	69
<i>Figura 38.</i> Diagrama de cargas de grua telescopica Terex de 140 tn	70
<i>Figura 39.</i> Diagrama de izaje de la jaula central (rigging plan)	71
<i>Figura 40.</i> Montaje de vigas radiales y detalle de unión soldada	72
<i>Figura 41.</i> Cronograma de montaje de planchas de fondo	73
<i>Figura 42.</i> Montaje de planchas de fondo.....	74
<i>Figura 43.</i> Diseño de oreja de izaje.....	75
<i>Figura 44.</i> Secuencia de actividades de revestimiento del tanque.....	79
<i>Figura 45.</i> Montaje de Planchas Laterales (Izquierda), detalle de plano (Derecha) ...	80
<i>Figura 46.</i> Disposición del mecanismo Drive sobre la jaula central.	82
<i>Figura 47.</i> Cronograma de montaje de mecanismo del tanque.....	83
<i>Figura 48.</i> Tabla de carga de grúa de 350 tn.....	84
<i>Figura 49.</i> Rigging plan de motanje de puente.	85

<i>Figura 50.</i> Unidad Hidráulica.	86
<i>Figura 51.</i> Instalación de rastras largas.....	87
<i>Figura 52.</i> Feed pipe feedwell ingreso del fluido al tanque.....	88
<i>Figura 53.</i> Aplicación de grout en columna central.....	90
<i>Figura 54.</i> Prueba de Estanqueidad.....	92
<i>Figura 55.</i> Curva S del proyecto, línea base vs Acumulado real.....	98

INDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1.</i> Código y especificaciones	31
<i>Tabla 2.</i> Análisis Químico de Metal Depositado (Valores Típicos) (%).	38
<i>Tabla 3.</i> Propiedades Mecánicas del Metal Depositado.....	38
<i>Tabla 4.</i> Principales hitos del proyecto	56
<i>Tabla 5.</i> Diagrama de Gantt de las actividades del proyecto	58
<i>Tabla 6.</i> Tabla de Actividades de Movilización.....	62
<i>Tabla 7.</i> Diagrama de carga grúa torre	62
<i>Tabla 8.</i> Elementos montados con apoyo de grúa torre	63
<i>Tabla 9.</i> Control de Materiales (Data Sheet).....	64
<i>Tabla 10.</i> Especificación técnica de las columnas	66
<i>Tabla 11.</i> Datos técnicos del cilindro central.	67
<i>Tabla 12.</i> Especificaciones de la jaula central.....	68
<i>Tabla 13.</i> Especificación técnica de vigas radiales	72
<i>Tabla 14.</i> Especificación de planchas de fondo	73
<i>Tabla 15.</i> Detalle de elementos de las paredes laterales (casco).....	80
<i>Tabla 16.</i> Detalle de elementos de las paredes laterales (casco).....	81
<i>Tabla 17.</i> Detalle de elementos de las paredes laterales (casco).....	81
<i>Tabla 18.</i> Detalle de los elementos que conforman la estructura del puente	83
<i>Tabla 19.</i> Especificación técnica de la unidad hidráulica	86
<i>Tabla 20.</i> Pesos según clasificación de los elementos del tanque.....	90
<i>Tabla 21.</i> Lecturas topográficas del asentamiento del tanque.....	92
<i>Tabla 22.</i> Cuadro de distribución de peso ponderado	94
<i>Tabla 23.</i> Histograma de equipos.....	98
<i>Tabla 24.</i> Costo de montaje de estructura de soporte.....	100

<i>Tabla 25.</i> Costo del montaje de estructura de revestimiento.....	100
<i>Tabla 26.</i> Costo del montaje de mecanismo.....	101
<i>Tabla 27.</i> Costo por partida de la pintura y pruebas.....	102
<i>Tabla 28.</i> Costo del uso de equipos.....	103
<i>Tabla 29.</i> Costos totales	103

INTRODUCCIÓN

El presente informe de experiencia profesional contiene todo el trabajo involucrado para el montaje estructural de un Tanque Espesador de Relaves de 43 m de diámetro y 743 toneladas de Estructura, construcción vertical en la Unidad minera Chinalco – Perú. Esto debido a la necesidad de aumentar la capacidad de procesamiento de mineral y disminuir el tiempo de extracción, dando inicio a la expansión de su actual planta procesadora que mantiene 117 200 tn/día y teniendo como objetivo lograr procesar 170000 tn/día. En el capítulo primero detalla cómo se compone la empresa encargada de realizar el servicio en el área de espesadores, se muestra los objetivos generales y específicos que muestran el cómo realizar el montaje estructural de un tanque de relaves en el proyecto de expansión en Minera Chinalco, en base a una planificación de actividades con la evaluación de los recursos, costos y condiciones presentadas a lo largo del periodo de ejecución del proyecto. En el segundo capítulo se desarrolla el marco conceptual que describe las definiciones teóricas del proceso en minería, partes de un espesador de relaves y la recuperación de aguas de este proceso, normas aplicables en la construcción del tanque (AWS, API 650), equipos usados en montajes, estructuras y materiales necesarios para la construcción de tanques. El capítulo Tercero corresponde a los alcances que se tienen en el contrato como son las especificaciones técnicas y detalles de la obra, la planificación de recursos y materiales, elaboración de procedimientos y cálculos necesarios para poder llevar a cabo la ejecución del proyecto, se detalla las actividades que se desarrollaron en campo, se muestran los histogramas de personal y equipos utilizados, también se muestran los trabajos adicionales realizados producto de las interferencias, detalles técnicos que se presentaron al realizar los trabajos de montaje de nuestro tanque espesador de relaves. En el cuarto capítulo se muestra el análisis de los costos directos e indirectos involucrados en el desarrollo de cada actividad y el comparativo con los costos presupuestales, siendo el proyecto rentable para Haug S.A. y cumplió con las expectativas técnicas y económicas de Minera Chinalco – Perú, respetando las normas de seguridad y de medio ambiente.

CAPITULO I

DE LA EMPRESA

1.1 De la empresa

1.1.1 Descripción.

Haug S.A se dedica al rubro de la Construcción Metalmecánica, realizando los trabajos de ingeniería de diseño, básica y de detalle, fabricación y montaje de tanques de almacenamiento y de procesos, estructuras y fabricaciones metalmecánicas de todo tipo, así como calderería, abarcando una amplia gama de servicios relativos a la ingeniería, construcción y montaje.

1.1.2 Razón Social.

La empresa HAUG S.A.con *RUC*: 20109925757. Ubicada con dirección legal en parcela 10368 Calle Grande Nro. S/n Ex-Fundo Santa Rosa (Altura Km 33.8 Antigua Carretera Pan. Sur). Distrito de Lurín, Lima – Perú.

1.1.3 Información general.

Con más de 70 años de experiencia, HAUG es una empresa que se ha consolidado como líder en construcción metálica, montajes e instalaciones en el Perú y en el extranjero, con una importante presencia en diversos países de la región.

A través de sus diversos servicios y proyectos, Haug es una compañía líder que acompaña el crecimiento económico del Perú y la región, ejecutando importantes obras de ingeniería, construcción y montaje. Con presencia comercial en Chile, Cuba, Bolivia, República Dominicana, Argentina, entre otros.

Ofrece servicios de ingeniería básica y de detalle, tanques de almacenamiento y de procesos, calderería, trabajos en acero inoxidable, ductos y tuberías, montajes

electromecánicos, proyectos especiales, proyectos industriales, proyectos llave en mano, mantenimientos industriales y servicios mineros, entre otros.

Como parte de nuestra cartera de clientes, contamos con las principales empresas nacionales e internacionales de los sectores de minería, energía, petróleo y gas. Además, estamos conformados por el mejor equipo de profesionales, dinámicos y con espíritu emprendedor capaces de enfrentar los nuevos retos y desafíos del mundo de hoy.

1.1.4 Historia.

Haug fue fundada en 1949 por el ingeniero danés Svend Haug, un pionero en la fabricación y montaje de tanques de almacenamiento para hidrocarburos. Desde sus inicios la entonces factoría metálica HAUG participaría de importantes proyectos en distintos lugares de la geografía peruana.

Con el correr de los años HAUG amplió sus servicios y productos, diversificando sus operaciones, siempre en el rubro de la industria metalmecánica

1.2 Objetivos Organizacionales

1.2.1 Visión.

Ser empresa líder de Ingeniería, Construcción y Montaje, con crecimiento en el Perú y presencia en el extranjero, basado en exigentes criterios de calidad e innovación, garantizando a sus clientes un servicio de excelencia.

1.2.2 Misión.

Prestar servicios de su especialidad con los más altos niveles de calidad, seguridad, cumplimiento y rentabilidad, para la plena satisfacción de sus clientes y el cumplimiento de su responsabilidad social y empresarial.

1.2.3 Principales clientes

- Las bambas

- Nexa resources (Cajamarquilla)

- Minera Chinalco – Perú

- Southern Perú Cooper Corporation

- Terminales Portuarios Peruanos SAC

- Petroperu – Refinería de Talara

- Fluor - Republica Dominicana

- Tintaya – Antapacay

- Minsur – San Rafael

- Yanacocha

- Barrick Eploraciones – Argentina

1.3 Organigrama de la Empresa

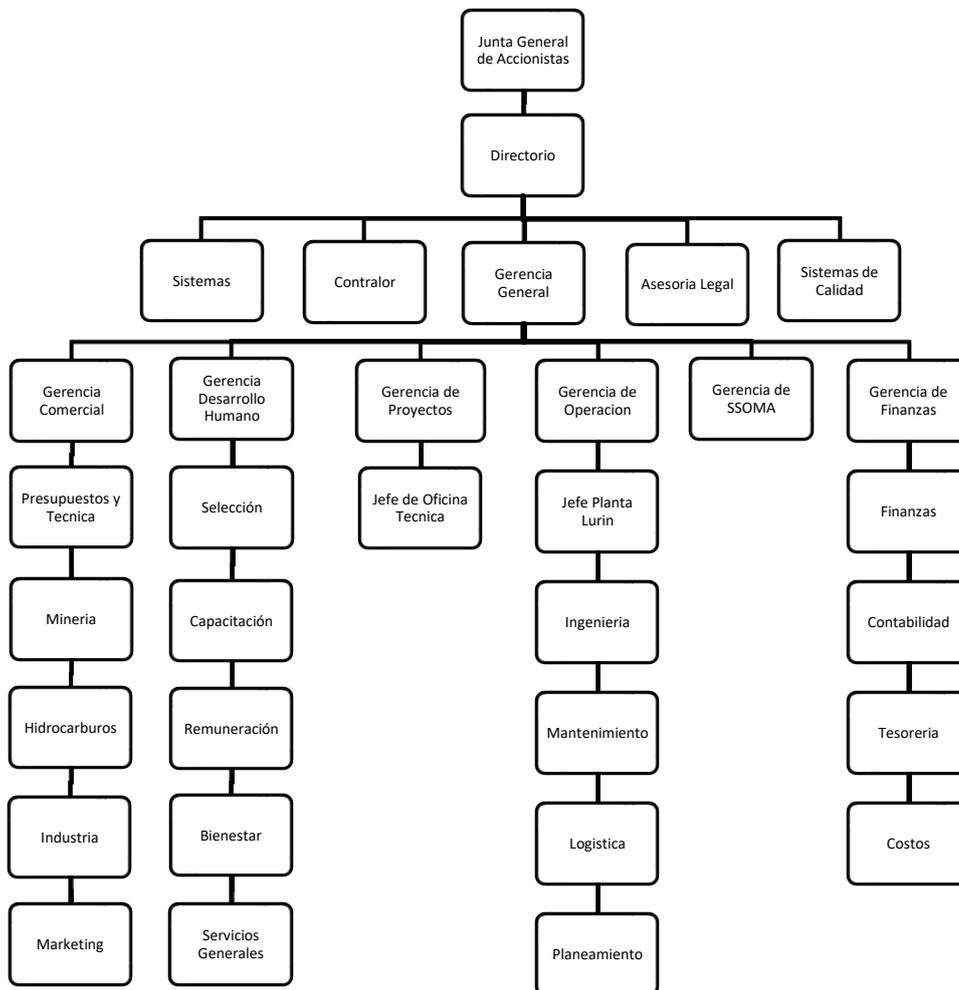


Figura 1. Organigrama General de Haug

Fuente: Empresa Haug.

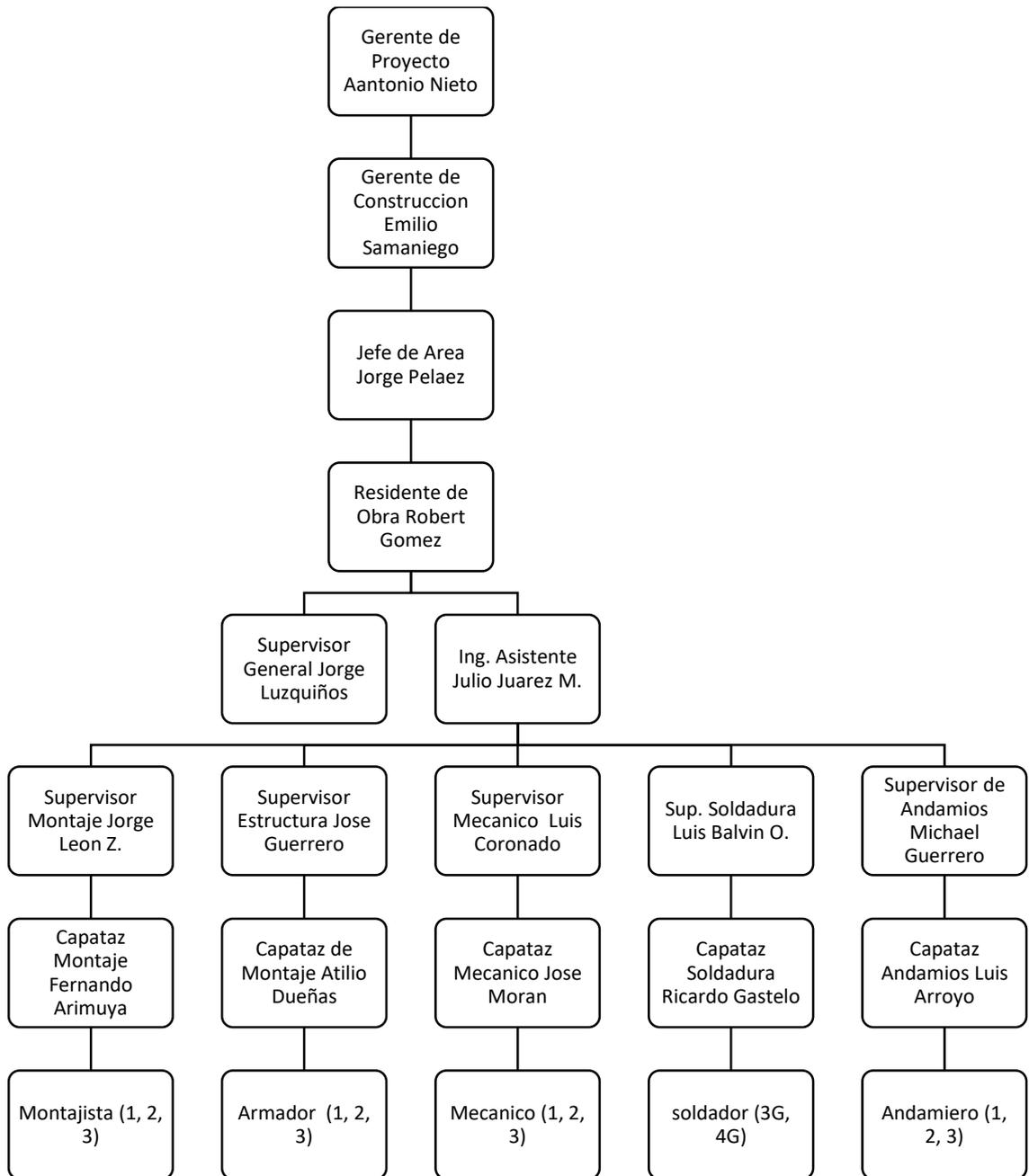


Figura 2. Organigrama de construcción.

Fuente: Empresa Haug.

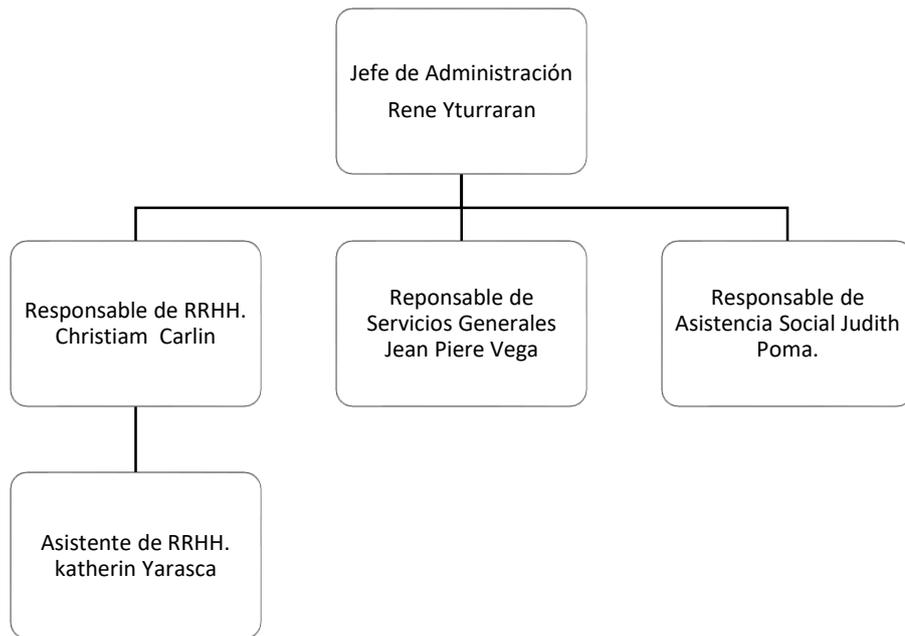


Figura 3. Organigrama de administración

Fuente: Empresa Haug.

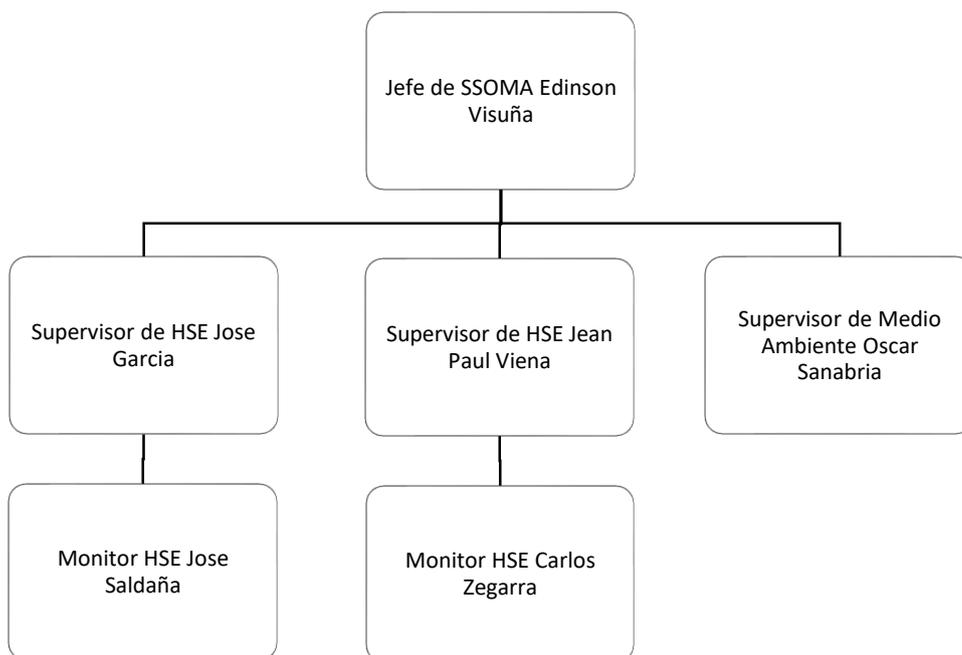


Figura 4. Organigrama de seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

Fuente: Empresa Haug.

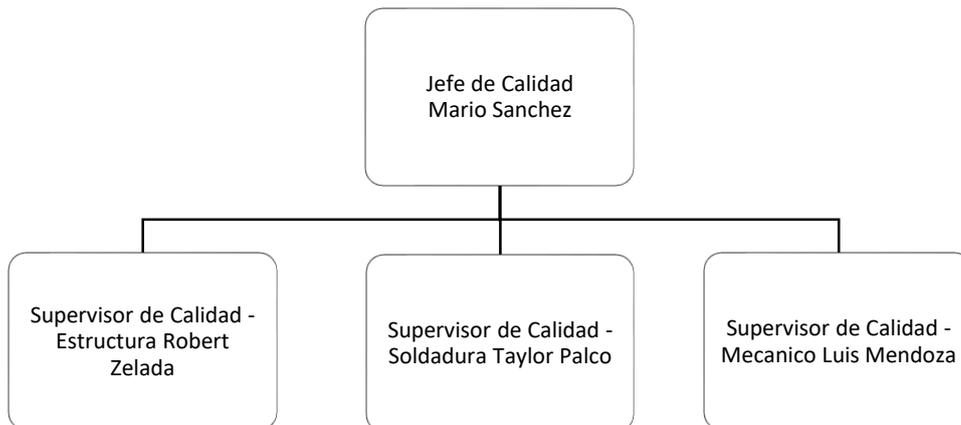


Figura 5. Organigrama de calidad.

Fuente: Empresa Haug.

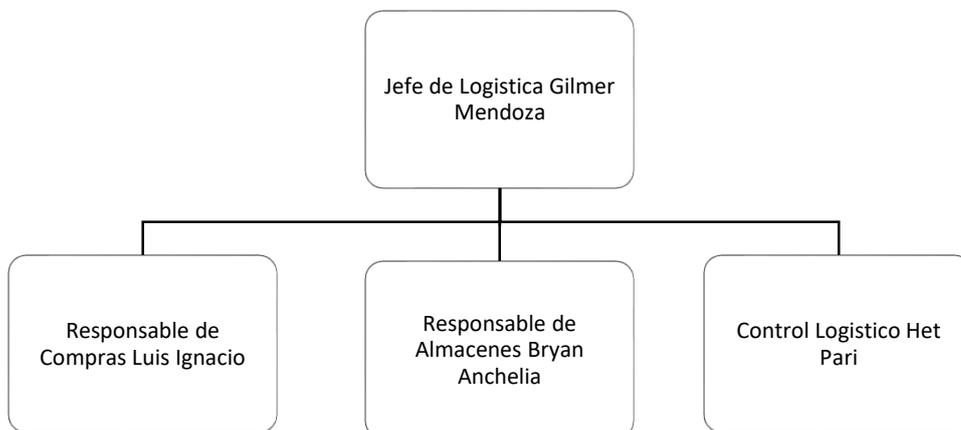


Figura 6. Organigrama de logistica.

Fuente: Empresa Haug.

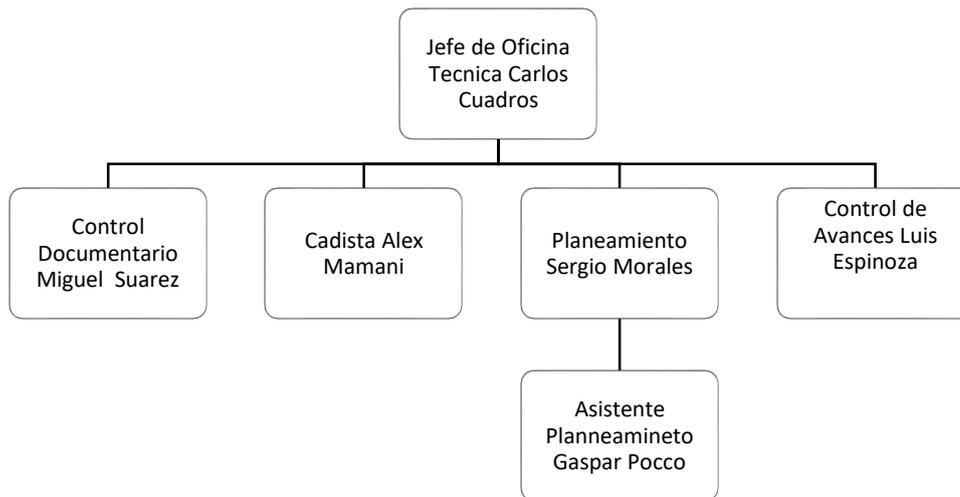


Figura 7. Organigrama de oficina tecnica.

Fuente: Empresa Haug.

1.4 Nombre del Trabajo

El trabajo realizado tiene el siguiente nombre:

“MONTAJE DE 1 TANQUE ESPESADOR DE RELAVE DE 43 METROS DE DIAMETRO Y 743 TONELADAS DE ESTRUCTURA EN MINERA CHINALCO PERÚ”.

1.5 Objetivo

El objetivo de este proyecto de expansión es aumentar el rendimiento de la planta concentradora de cobre de 117 200 tn /día a 170 000 tn/día, de procesamiento de mineral, construyendo paralelamente el tanque espesador sin afectar la producción actual y obtener una mejor instalación en el manejo de relaves y recuperación de aguas en estas instalaciones.

1.5.1. Objetivo General

Realizar el montaje estructural de un tanque de relaves de 43 m de diámetro y 743 toneladas de estructura, cumpliendo las expectativas de nuestro cliente en el tiempo y plazos

pactados contribuyendo de esta manera en el proyecto de expansión de Minera Chinalco – Perú con el aumento de la capacidad de producción.

1.5.2. Objetivo Especifico

Tener el control de las actividades de construcción de manera planificada y eficiente sin impactar el proceso de producción diaria de la unidad minera,

Respetar los lineamientos de la unidad minera en términos de seguridad, calidad y producción, mediante el desarrollo de procedimientos, planificaciones, evaluación de recursos, cumplimientos, liberación mediante protocolos y la seguridad en las actividades desarrolladas.

Las pruebas realizadas para la verificación de los trabajos deben estar dentro de las tolerancias permitidas por el fabricante y estas contar con protocolos de liberación de calidad.

Lograr la satisfacción de nuestro cliente durante la construcción y posteriormente en la operación del proyecto.

1.6 Justificación

Este informe tiene como propósito identificar todas las actividades que se desarrollan; planificarlas, ejecutarlas y supervisar las tareas de construcción de un Tanque Espesador de relaves bajo los lineamientos de la unidad minera Chinalco - Perú, con el fin de que se desarrolle de manera eficiente y en el menor tiempo cumpliendo con los estándares de calidad y seguridad.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

En este capítulo se presenta un alcance teórico sobre el montaje de las estructuras, los lineamientos, pasos y procedimientos que se siguen en el proyecto del montaje de un tanque espesador de relaves. Además de los recursos usados en las distintas actividades propias del montaje e instalación de estructuras y equipos en las distintas áreas de trabajo en campo como producción y seguridad. Las actividades de control que se realizan fuera de campo que sirven en su gestión para asegurar los trabajos que se realizan como son; el área de calidad, para asegurar el cumplimiento de procedimientos y protocolización de las actividades; del área de control de proyectos, para tener el control diario del avance real de la obra y de la oficina técnica, para respaldar la información de los planos y sustentar las maniobras de izaje.

2.1 Montaje de Estructuras

(Fuenzalia Hidalgo, 2017) afirma: Es el proceso mediante el cual se emplaza una pieza en la posición que detallan los planos de montaje, se realiza de acuerdo a los procedimientos, normas y detalles técnicos del fabricante del equipo. Para la instalación de los elementos se realiza una previa verificación de las longitudes material y detalles de fabricación de cada elemento, realizando trazos en las estructuras que nos servirán de guías para inspeccionar su alineamiento, codificación y secuencia en el desarrollo del proyecto. (p.52)

2.2 Tipos de espesadores de relave.

(Ceja Pinales Juan, 2008) dice: Existen 2 clasificaciones: la clasificación estructural; por cómo están contruidos, y la clasificación operacional: según la concentración de relave que es capaz de entregar.

2.2.1 Espesadores según su clasificación estructural

- Espesadores de puente, cuyo el drive, está apoyado en un puente que cruza todo el diámetro del espesador o de columna cuyo drive está apoyado en una columna central, contando con un puente que va desde la periferia del espesador hasta el centro de la columna.

- Espesadores de tracción periférica, que cuentan con un carro tractor que mueve la rastra. En el centro del espesador existe una columna central que actúa como pivote del movimiento. En estos equipos no se cuenta con sistema de levante de rastras. (p.24)

2.2.2 Espesadores según su clasificación operacional.

- Espesadores convencionales (porcentajes de sólidos “Cp”, entre 45% a 60%), ver figura 8, imagen (a), donde Cp: concentrado de pulpa.

- Espesadores de alta capacidad o high rate que optimizan la operación usando mayores dosis de floculantes y alimentación con dilución. Ver figura 8, imagen (b).

- Espesadores de alta densidad o high density, recuperan agua a través de una compresión de pulpa espesada, lograda con equipos que poseen una inclinación acentuada al fondo del tanque, el producto es un relave con alta concentración de sólidos (“Cp” sobre 70%).

- Espesadores de cono profundo, estos recuperan más agua, tienen mayor costo y requieren sistemas de bombeo especiales para el transporte de pulpa con característica de pasta con alta concentración de sólidos (“Cp” mayor a 75%).

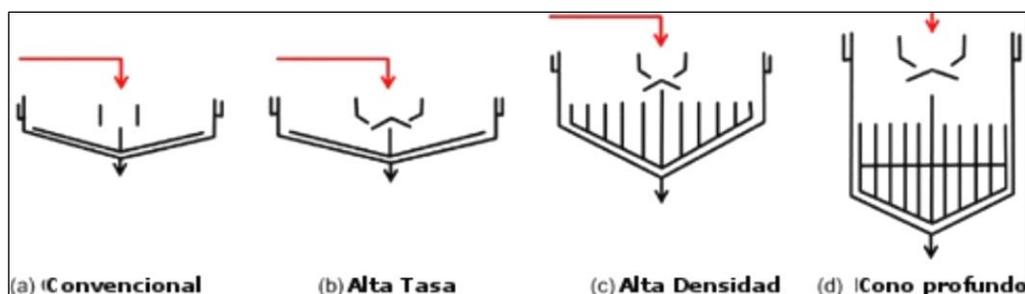


Figura 8. Clasificación operacional de esperadores. (a) Espesador convencional, (b) Alto rendimiento, (c) Alta densidad y (d) de pasta.

Fuente: Sistema de Relaves Codelco.

2.3 Conceptos teóricos generales

2.3.1 Tanque de almacenamiento.

(Ceja Parrales Juan, 2008) dice: “El tanque es un equipo diseñado para almacenar o procesar fluidos. Estos tanques son construidos de diferentes tipos, tamaños y materiales dependiendo del objetivo para el cual se tenga en cuenta el uso de dicho tanque.” (p.2).

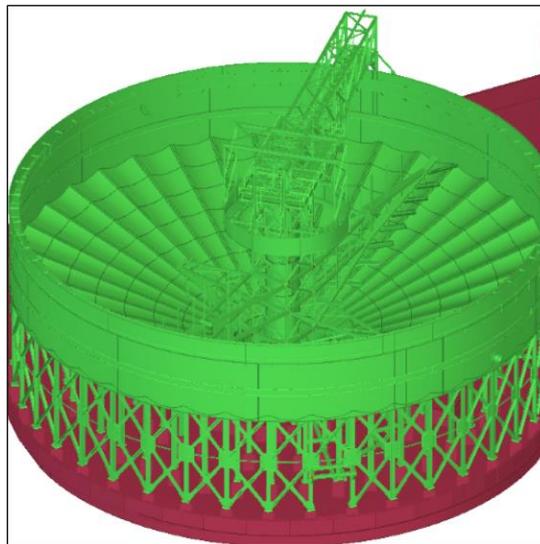


Figura 9. Tanque Espesador de Relaves.
Fuente: Archivo de Tekla Structures 3D

2.3.2 Puente o Launder Truss:

Tiene como funciones principales permitir el acceso al mecanismo central del equipo y el soporte de las cañerías de alimentación y del sistema motriz. Dependiendo del tamaño del espesador, se tendrá un puente viga que atraviese todo el equipo o un puente reticulado que llegue hasta la columna central como es nuestro caso 21.5m de flecha.

2.3.3 Pozo de Alimentación o Feedwell.

Tiene por función disipar la energía cinética de la pulpa en la alimentación, permitiendo así el inicio de la sedimentación de partículas al distribuir homogéneamente el sólido en el diámetro del espesador. Se ubica usualmente en el centro del equipo, aunque nuevos estudios indican posibles mejoras de rendimiento en ubicaciones excéntricas o usando múltiples alimentaciones.

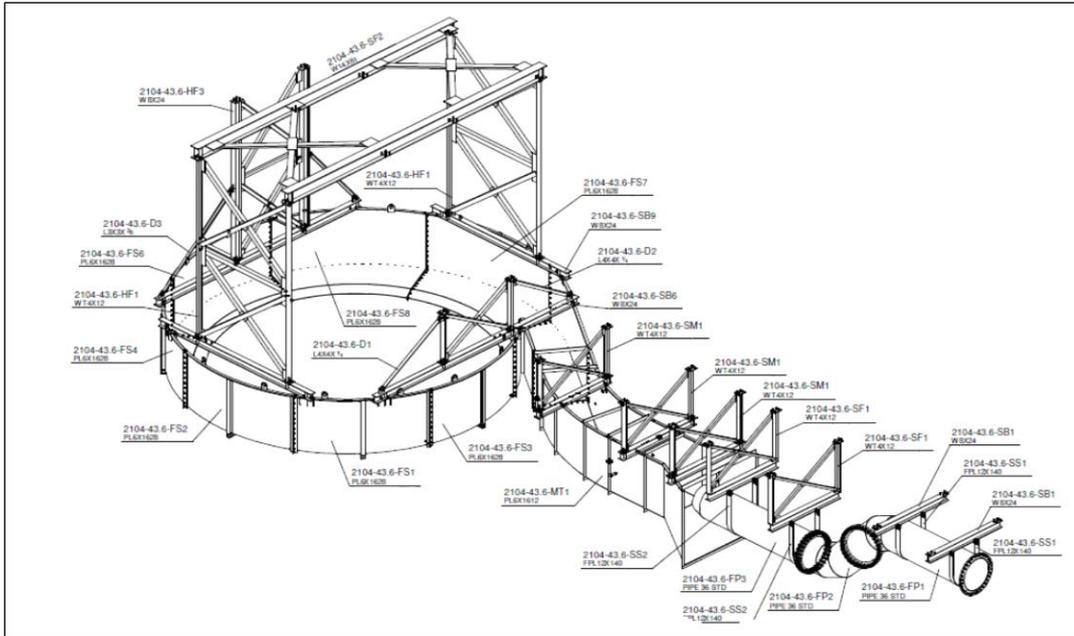


Figura 10. Estructura del feedwell – feed pipe, alimentación.
Fuente: Información del Proyecto

2.3.4 Rastras o arms:

El propósito de las rastras es proporcionar movimiento a los blades o raspadores, los que hacen que se mueva el material sedimentado soportando el torque del espesador. Deben ubicarse en cierto ángulo y una determinada elevación para aportar en este proceso. Hay diversos diseños de estos y dependerá de los requerimientos de torque, dimensiones y aplicación, siendo el más tradicional y el de nuestro proyecto el reticulado o truss, que consta de dos rastras largas y dos rastras cortas empotradas a la jaula central.

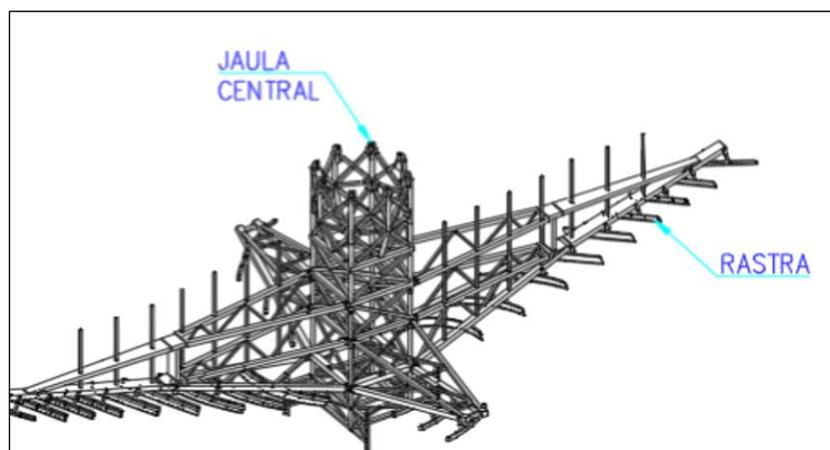


Figura 11. Estructura de la rastra y jaula central.
Fuente: Información del Proyecto.

2.3.5 Sistema motriz o Drive:

Es el mecanismo central encargado de mover y soportar las rastras por medio del cage o jaula central. Debe ser capaz de generar el torque suficiente para mover el material acumulado en el espesador, incluso en condiciones de operación de alta exigencia. Puede ser accionado por uno o varios motores hidráulicos que son accionados a su vez por una unidad hidráulica con motores eléctricos. Dependiendo del tamaño pueden generar torques desde 2.000 hasta 15.000.000 [lbs-ft]. Sistema de levante de rastras: Son sistemas eléctricos o hidráulicos cuya función principal es alejar la rastra de zonas de torque alto, levantándolas cuando se supera un determinado porcentaje del máximo y devolviéndolas a su posición cuando hay un torque normal. Es importante notar que esta función no es una variable operacional, sino un sistema de defensa automático del equipo, que debe mantener su altura mínima en una operación normal.

2.3.6 Base de hormigón.

Se construye un aro perimetral de hormigón armado sobre el que, se debe apoyar el tanque para evitar hundimiento en el terreno y corrosión de la chapa". (API 650, 2013). Esto en base al estudio de suelos realizado al terreno siendo una cimentación de zapatas corridas con una losa de cimentación aumentado la resistencia a la compresión que estará sometida debido a la carga y peso del tanque.

2.3.7 Bombas de transferencia de relaves

En este tipo de tanques se tienen bombas centrifugas conectadas en la parte inferior del cilindro central, con la función de expulsar hacia el patio de bombas Geho la pulpa de relaves sedimentado, se tiene dos bombas de lodos Weir modelo warman 10 ST AHF diseñadas para las aplicaciones más severas en minería, estas cuentan con un revestimiento de caucho en la voluta para prevenir el desgaste prematuro a una operación de 1063 m³/hr a una velocidad de 532 rpm con una eficiencia de 75 %. Con motores eléctricos Weg de 600 Hp a 1800 rpm.

2.3.8 Disco y columna central.

La Columna Central es un elemento que trabaja típicamente a compresión, transmitiendo las cargas de los elementos que soporta; puente, mecanismo hacia la cimentación. La función de la columna central está diseñada para soportar la carga muerta de los elementos más una carga uniforme, esta carga no menor a 1,2kPa. (25 lbf / ft²) en un área proyectada. Las columnas, no deben ser consideradas elementos esbeltos y deben ser diseñados en base a la norma API 650 sección 5.10.3.4". (API 650, 2013).

2.4 Normas y estándares

2.4.1 Estándares y códigos según la norma API 650.

(API 650,2013) dice: Para una buena aplicación de esta norma, existe una institución que regula las actividades de diseño y construcción a través de la emisión de reglamentos como códigos, estándares o normas, basados en estándares o códigos reconocidos internacionalmente, que son adaptados de acuerdo al grado de investigación o desarrollo tecnológico".

2.4.2 Especificación de la norma API 650.

(API 650,2013) dice: Según las siglas de la norma lo indican que este es recopilado, publicado y actualizado por el instituto americano del petróleo, API (American Institute of Petroleum), en donde existen diez códigos desarrollados relacionados con tanques de almacenamiento según su capacidad de almacenamiento".

"Para la siguiente documentación se utilizará la norma API 650, Décima segunda edición, adendum 1 marzo 2013, fecha efectiva marzo 2013. Esta norma cubre lo referente a material, diseño, fabricación, montaje y requerimientos de prueba para tanques de almacenamiento de aceros verticales, cilíndricos, superficial, cerrados y abiertos por arriba, soldados en varios tamaños y capacidades". (API 650, 2013)

Tabla 1. Código y especificaciones

12B	Tanques empernados para el almacenamiento de líquidos de producción.
-----	--

12D	Tanques soldados en campo para el almacenamiento de líquidos de producción, este código cubre tanques con capacidades nominales desde 500 hasta 1000 bbls
12F	Tanques soldados en taller para el almacenamiento de líquidos de producción, este código cubre tanques con capacidad nominales desde 90 hasta 500 bbls.
12P	Tanques plásticos reforzados con fibra de vidrio.
620	Diseño y construcción de grandes tanques de almacenamiento soldados para trabajar a bajas presiones (15 PSI).
650	Tanques soldados de acero para almacenamiento de petróleo
2000	Venteo de tanques de almacenamiento atmosféricos y de baja presión, ya sean refrigerados o no refrigerados.

Fuente: API 650 Welded tanks for oil storage

2.5 Propiedades químicas de aceros usados en tanques.

(McCormac, 2006) afirma: Las propiedades del acero pueden cambiarse en gran medida variando las cantidades presentes de carbono y añadiendo otros elementos como silicio, níquel, manganeso y cobre. Un acero que tenga cantidades considerables de estos últimos elementos se denomina acero aleado. Aunque esos elementos tienen un gran efecto en las propiedades del acero, las cantidades de carbono y otros elementos de aleación son muy pequeños. Por ejemplo; el contenido de carbono en el acero es casi siempre menor que el 0.5% en peso y es muy frecuente que sea de 0.2 a 0.3%. La composición química del acero es de suma importancia en sus propiedades tales como la soldabilidad, la resistencia a la corrosión, la resistencia a la fractura, etc. La ASTM (American Society for Testing and Materials), especifica los porcentajes exactos máximos de carbono, manganeso, silicio, entre otros que se permiten en los aceros estructurales. Aunque las propiedades físicas y mecánicas de los perfiles de acero las determinan

principalmente su composición química, también influye en ellas, hasta cierto punto, en el proceso de laminado, la historia de sus esfuerzos y el tratamiento térmico aplicado.

(McCormac, 2006), “En la actualidad el acero es el material más utilizado en la industria y en diferentes construcciones, por eso debido a la demanda del metal es necesario fabricar aceros más fuertes, aceros con mayor resistencia a la corrosión, con mejores propiedades de soldabilidad y diversas características. Las investigaciones realizadas por la industria acerera durante estos periodos de demanda han proporcionado varios grupos de nuevos aceros que satisfacen muchas de las necesidades de la industria, de manera tal que actualmente existe una gran cantidad de aceros clasificados por la ASTM e incluidos en las especificaciones LRFD (Manual de diseño de acero según el método de factores de cargas y resistencias)”.

2.6 Tipos de aceros estructurales respecto a las propiedades químicas.

Los aceros estructurales se agrupan generalmente según varias clasificaciones principales de la ASTM de acuerdo a sus propiedades químicas:

2.6.1 Acero estructural A-36

Este acero al carbón calidad estructural es usado en todo tipo de construcciones estructurales. Producto de la más avanzada ingeniería, es fabricado con un punto mínimo de cadencia de 36,000 psi. Es ampliamente recomendable para diseñar y construir estructuras y equipo menos pesado. Según la API 650, en la fabricación de tanques de almacenamientos sólo se usan espesores iguales o menores de 38 mm. (1 1/2 pulg.). Este material es aceptable y usado en los perfiles, ya sean comerciales o Ensamblados de los elementos estructurales del tanque. Con un costo relativamente caro, pero excelente material para fabricación. (McCormac, 2006)

2.6.2 Aceros templados y revenidos (A514 Y A852).

Estos aceros tienen agentes aleantes en exceso, en comparación con las cantidades usadas en los aceros al carbono, y son tratados térmicamente (templados y revenidos) para darles dureza y resistencia con fluencias comprendidas entre 70 ksi y 110 ksi.

El revenido consiste en un enfriamiento rápido del acero con agua o aceite, cambiando la temperatura de por lo menos 1650 °F a 300 a 400 °F. En el templado el acero se recalienta por lo menos a 1150 °F y luego se deja enfriar”. (McCormac, 2006)

Estos aceros no muestran puntos bien definidos de fluencia como lo hacen los aceros al carbono y los aceros de alta resistencia y baja aleación. En vista de ello su resistencia a la fluencia se define en función del esfuerzo asociado a una deformación del 0.2%. Los aceros templados y revenidos para placas y barras son designados A852 con un esfuerzo de fluencia 70 ksi y A514 con esfuerzos de fluencia de 90 ksi a 100 ksi, según el espesor”. (McCormac,2006)

2.6.3 Aceros de alta resistencia, baja aleación (A242 Y A572).

Los aceros al ser aleados con un pequeño porcentaje de cobre se vuelven más resistentes a la corrosión y al mínimo contacto con la humedad atmosférica estos reaccionan.

Cuando se exponen a la atmosfera, las superficies de esos aceros se oxidan y se les forma una película adhesiva muy comprimida, que impide una mayor oxidación y se elimina así la necesidad de pintarlos. Estos aceros tienen gran aplicación en estructuras con miembros expuestos y difíciles de pintar como puentes, torres de transmisión, etcétera, sin embargo, no son apropiados para usarse en lugares donde quedan expuestos a brisas marinas, niebla o a humos industriales corrosivos; tampoco son adecuados para usarse en condición sumergida de agua dulce, salada o en áreas muy secas. (Mc Cormac, 2006).

2.6.4 Aceros usados en elementos del espesador de relaves

Los materiales usados en los anillos de revestimiento del tanque y las planchas de fondo son de acero A-36 que son recomendables para diseñar y construir estructuras de cubierta de los tanques y obtener un equipo menos pesado. Según la API 650, en la fabricación de tanques de almacenamientos sólo se usan espesores iguales o menores de 38 mm.

Las columnas y vigas radiales que son el soporte del tanque espesador son de acero A-992 grado 50, debido a que estas requieren importante resistencia mecánica con un elevado esfuerzo a la tensión de 65 ksi.

Los elementos del sistema de arrastre tanto la estructura de la jaula central, las rastras y los pickets de perfil rectangular de acero A-572 grado 50, son aceros de alta resistencia y baja aleación con una resistencia a la fluencia de 50 Ksi, aprovechando su tenacidad para la construcción de estructura soldada.

2.7 Soldadura

Para (McCormac, 2013) La soldadura es un proceso de fijación de dos o más piezas que mediante calor o presión se funden parte de estas o se fijan añadiendo un material de aporte, se juntan y al enfriarse se produce la unión entre ellas. Se elige el tipo de soldadura dependiendo de las propiedades físicas de los metales, la utilización a la que estará destinada la pieza soldada y las instalaciones. Entre los tipos de soldadura tenemos:

- Soldadura Blanda, usada en uniones de hojalata, chapas galvanizadas y bronce su temperatura de uso es menor a los 450 °C.
- Soldadura Fuerte, técnica de unión térmica, con temperaturas desde los 450 a 800 grados Celsius usando un soplete a gas.
- Soldadura oxiacetilénica, aplicada en láminas de hierro o acero, se suelda a temperatura mayor a los 3000 grados centígrados con ayuda de un soplete oxiacetilénico
- Soldadura por resistencia eléctrica, usada en la fabricación de carrocerías de automóviles, electrodomésticos, la unión se realiza sin la necesidad de un material de aporte, solo basta con corriente eléctrica y presión entre las áreas a soldar.

- Soldadura por gas, usado para unir materiales metálicos como el cobre y aluminio, caracterizado por su bajo costo y facilidad de manipular el equipo sin embargo los materiales requieren mayor tiempo de enfriamiento.

- Soldadura por láser, usa un haz electrónico altamente enfocado, es un proceso por fusión el cual es propenso al agrietamiento térmico por cambios de temperatura extremos.

- Soldadura por Arco, utiliza una fuente de energía eléctrica que crea un arco voltaico que calienta el metal hasta su fusión estas se dividen en: SMAW, arco eléctrico manual usa un electrodo revestido como aporte. GTAW, también conocido como Tig el cual emplea un electrodo no consumible protegido. FCAW, aprovecha un arco entre un electrodo continuo de metal de aporte se puede usar un gas externo para proteger la soldadura. SAW, requiere una alimentación de electrodo continua ya sea solido o tubular como fundente, la zona fundente y la de arco están protegidas por estar sumergidas bajo el flujo de óxido de calcio, dióxido de silicio, oxido de magnesio, MIG/MAG, llamada así por el gas suministrado siendo este inerte o activo se lleva a cabo por arco bajo gas protector y un electrodo formado por un hilo continuo.

2.7.1 Soldadura en tanques de almacenamiento.

El estándar A.P.I. 650, toma de referencia el código A.S.M.E. sección IX para dar los alineamientos que han de seguirse en la unión y/o soldado de materiales.

El Código A.S.M.E. sección IX, establece que toda junta soldada deberá realizarse mediante un procedimiento de soldadura de acuerdo a la clasificación de la junta, además el operador deberá contar con un certificado que lo acredite como soldador calificado, el cual le permite realizar cierto tipo de soldaduras de acuerdo con la clasificación de ésta. Una vez realizada la soldadura o soldaduras, éstas se someterán a pruebas y ensayos como: ultrasonido, radiografiado, líquidos penetrantes, dureza, etc., donde la calidad de la soldadura es

responsabilidad del fabricante. Al efectuar el diseño se deberán preparar procedimientos específicos de soldadura para cada caso. (McCormac, 2013)

Los procedimientos de soldadura serán presentados para su aprobación y estudio antes de aplicar cualquier cordón de soldadura para cada caso en particular. Este procedimiento debe indicar la preparación de los elementos a soldar, así como la temperatura a la que se deberá precalentar tanto el material de aporte (electrodo, si lo hubiera), como los materiales a unir. (McCormac, 2013)

Todas las soldaduras serán aplicadas mediante el proceso de arco eléctrico sumergido, arco con gas inerte o electrodos recubiertos. Estos procesos pueden ser manuales o automáticos. En cualquiera de los dos casos, deberán tener penetración completa, eliminando la escoria dejada al aplicar un cordón de soldadura antes de aplicar sobre éste el siguiente cordón. (McCormac, 2013)

2.7.2 Proceso usado en la construcción del espesador, soldadura FCAW.

Es un proceso de soldadura de arco eléctrico que utiliza el arco formado entre un electrodo alimentado continuamente, que es el metal de aporte. El proceso emplea gas para proteger el metal líquido cuando el arco está encendido. (McCormac, 2013)

La elección de este proceso de soldadura para el desarrollo del proyecto se consideró debido a los siguientes parámetros: alta velocidad y eficiencia en la deposición de soldadura en diferentes tipos de espesores de aceros, produce uniones de alta calidad y a un menor costo que otros procesos, menores pérdidas de tiempo debido a una continua deposición del material de aporte aumentando la productibilidad, menos salpicaduras y sensibilidad a la porosidad.

Seguidamente se detalla las características de los electrodos usados en el proceso FCAW, definiendo su nomenclatura, composición, propiedades mecánicas y químicas.

El electrodo es un alambre tubular que consiste en un fleje metálico conformado mecánicamente hasta formar una especie de "pitillo" (de varios diámetros desde 0.8 mm hasta 2.8 mm), empleando en el proyecto de 1.2 mm el cual permite rellenar con una mezcla controlada y formulada de metal pulverizado, ferroaleaciones, fundentes y materiales formadores de escoria. El Alambre viene enrollado en una bobina o carrete de diversas presentaciones.

El alambre tubular que se utilizó para el proceso es el E 71T- 1, 1.2 de diámetro. Estos mismos vienen enrollados en carretes cubiertos con un material especial protegiéndolos del ambiente húmedo. La presentación de cada rollo de alambre trae 15kg de soldadura. El electrodo tubular E 71T-1, electrodo con una resistencia a la tensión de 70 000 psi, permitiendo al soldador aplicar la soldadura en cualquier posición, pertenece a los rutílicos, como gas protector utiliza CO2 como más recomendable para este tipo de trabajo ya que genera un menor nivel de humos y brinda buenas propiedades frente a la resistencia al impacto a bajas temperaturas, ya que el cordón de soldadura presenta un buen acabado y fácil remoción de escoria en cada pase de soldadura necesitando solo escobillar.

Tabla 2. Análisis Químico de Metal Depositado (Valores Típicos) (%).

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0.05	1.4	0.52	0.013	0.011	0	0	0	0	0

Fuente: Manual Aceros al Carbono baja aleacion Soldexa

Tabla 3. Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Resistencia a la Tracción [Mpa (psi)]	Límite de Fluencia [Mpa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V (-20°C) [J]
Mín. 578 (83800)	Mín. 529 (76700)	Mín. 30	100

Fuente: Manual Aceros al Carbono baja aleacion Soldexa



Figura 1212. Bobina de Alambre de aporte Exatub E 71T-1.

Fuente: Elaboración Propia

A continuación, se muestran los distintos tipos de uniones soldadas y los documentos de gestión que se realizan como control en el proceso de construcción del tanque espesador.

2.7.3 Juntas de Soldadura.

(McCormac, 2013) dice: “Dependen de la geometría, diseño y dimensiones de la junta en la sección transversal antes de realizar el cordón de soldadura”. Las que se presentaron en la construcción del tanque fueron las siguientes:

2.7.3.1 Juntas Verticales del Casco:

(McCormac, 2013) afirma: Las juntas verticales deberán ser de penetración y fusión completa, lo cual se podrá lograr con soldadura doble, de tal forma que se obtenga la misma calidad del metal depositado en el interior y el exterior de las partes soldadas para cumplir con los requerimientos del procedimiento de soldaduras. Mientras las juntas verticales no deberán ser colineales, pero deben ser paralelas entre sí en una distancia mínima de 5 veces el espesor de la placa (5t).

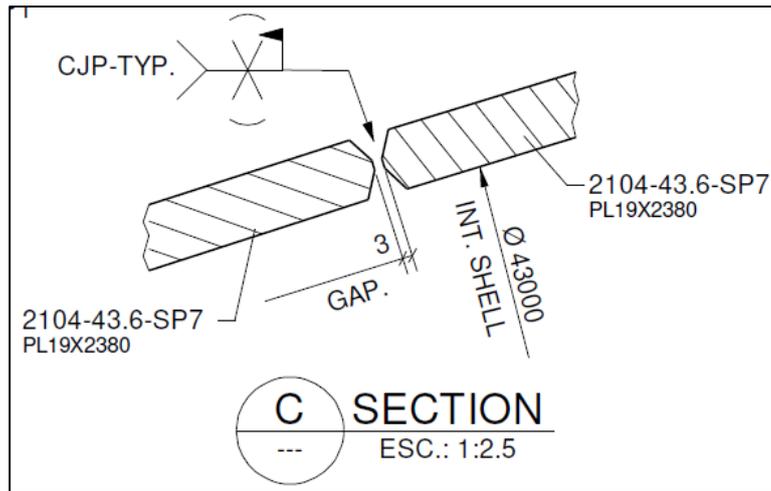


Figura 133. Detalle de soldadura Vertical de Anillos de Casco

Fuente: Plano de Proyecto M085A-B005_2561-43TK7-M01

2.7.3.2 Juntas para anillos anulares.

(McCormac, 2013) dice: Las soldaduras para unir secciones anulares que conformen todo el anillo tendrán penetración y fusión completa. Se usarán soldaduras continuas para todas las juntas que por su localización puedan ser objeto de corrosión por exceso de humedad o que puedan causar oxidaciones en la pared del tanque. (p.261)

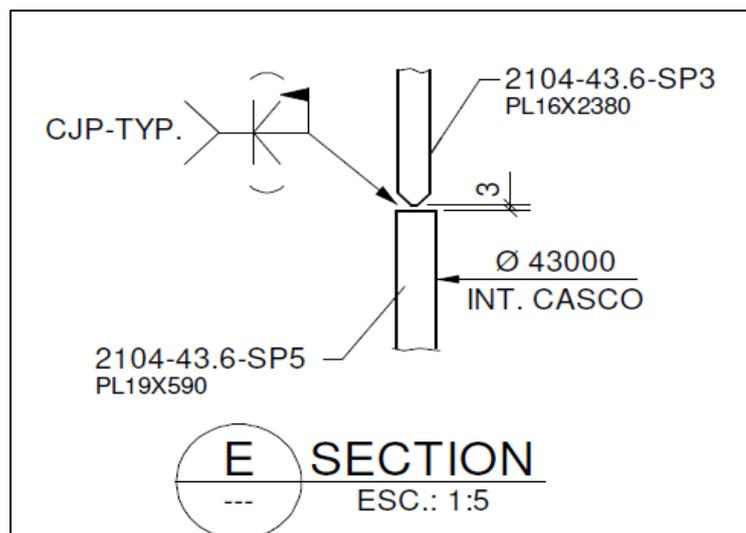


Figura 144. Detalle de soldadura entre Anillos de casco

Fuente: Plano de proyecto M085A-B005_2561-43TK6-M01

2.7.3.3 Juntas horizontales

(McCormac,2013) dice: Las juntas horizontales, deberán ser de penetración y fusión completa, excepto la que se realiza entre el ángulo de coronamiento y el cuerpo, la cual puede ser unida por doble soldadura a traslape, cumplimiento con el procedimiento de soldadura. A menos que otra cosa sea especificada, la junta a tope con o sin bisel entre las placas del cuerpo, deberán tener una línea de centros o fibra media común. La soldadura del fondo del tanque se realiza con paso peregrino con el objetivo de evitar movimientos o deformaciones debido a las tensiones, esto consiste en la secuencia de depósito de soldadura, el ultimo cordón termina donde empezó el anterior, siendo contrarios el avance de la soldadura y la dirección de soldeo. (p.256)

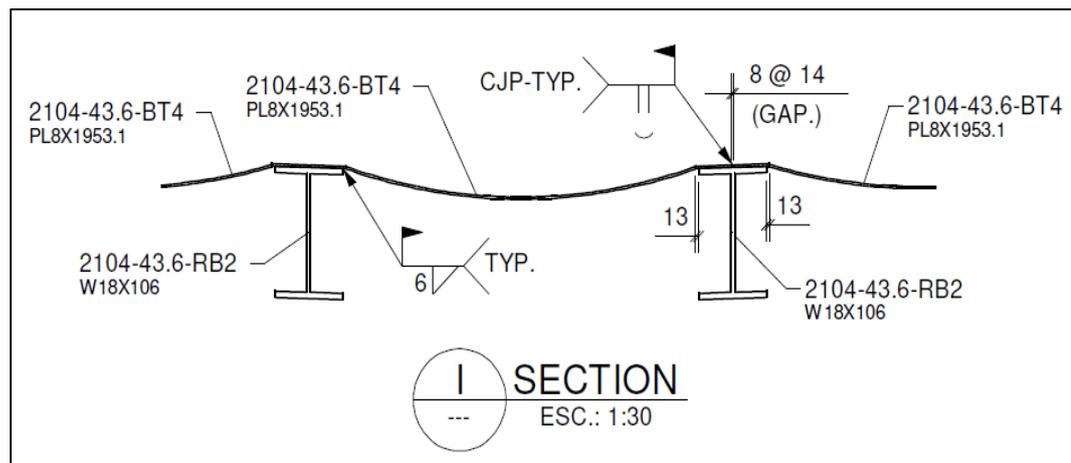


Figura 155. Detalle de soldadura planchas de fondo

Fuente: Plano de Proyecto M085A-B005_2561-43TK6-M01

2.8 Calificaciones en el Proceso de Soldadura

2.8.1. Especificación de procedimiento de soldadura (WPS):

Es un procedimiento de soldadura calificado por escrito preparado para proporcionar instrucciones para realizar soldaduras, describen variables esenciales aplicables para el soldeo del tanque bajo un código específico, debe estar aprobado antes del inicio de los trabajos. El WPS u otros documentos se pueden usar para proporcionar dirección al soldador o al operador

de soldadura para asegurar el cumplimiento de los requisitos del código, según la ASME IX 2017, AWS D1.1 2015. Los trabajos de soldadura fueron ejecutados por personal con calificación 3g y 4g con certificación en el proceso FCAW, cuya calificación se desarrolló en planta Lurín de la empresa Haug por personal acreditado según la AWS.

2.8.2. Registro de calificación de procedimiento (PQR):

“Es un registro de los datos de soldadura utilizados para la elaboración de una probeta y la realización de ensayos destructivos y no destructivos. El PQR es un registro de variables durante la soldadura de los cupones de prueba, también contiene los resultados de las pruebas de los especímenes.” (AWS D1.1 2015)

2.8.3. Calificación de habilidad del soldador (WPQ):

AWS D1.1 2015 dice: Es un alcance que rige y califica al soldador o también la soldadura en la cual se observa la capacidad, la destreza, habilidad, conocimiento y desempeño del soldador para realizar depósitos de soldadura aceptables, con la finalidad de tener seguridad de una buena ejecución de soldadura. Este código reconoce que los fabricantes o contratistas pueden mantener un control operacional efectivo de los registros de calificación de desempeño del soldador, siendo las posiciones calificadas y el rango de espesores calificados.

2.9 Equipos utilizados para el montaje de estructuras

El trabajo en desarrollo está relacionado directamente y exclusivamente a la actividad de montaje de estructuras, por tanto, para el listado de equipos utilizados solo se mencionarán los equipos que se emplean para hacer posible esta actividad. El montaje de estructuras es un trabajo muy complejo, que requiere la movilización de material, accesorios, equipos y personal. Por esto es necesario el uso de maquinaria para desempeñar estas tareas. Las unidades utilizadas para el montaje de estructuras las podemos dividir por la función que cumplen:

2.9.1 Unidades de transporte

- Camión plataforma: Como se aprecia en la figura 16, este equipo es utilizado para el transporte de perfiles de acero, tuberías, entre otros. Los materiales son transportados desde la zona de pre-ensamble o desde su despacho, hasta la zona de instalación o el punto de trabajo.

Figura 166. Camión plataforma en Almacén - Minera Chinalco



Fuente: Elaboración propia

- Camión cama-baja: cumple una función similar al camión plataforma, la diferencia es que este equipo permite el transporte de elementos de mayor dimensión, mayormente se usa para el transporte de pre-ensamble como los pórticos por ejemplo (ver figura 17).



Figura 177. Transporte de barandas desde Almacenen a Obra.

Fuente: Elaboración propia

- Camión baranda: este camión es utilizado para el transporte de equipos y elementos de menor tamaño como; andamios, estructura liviana, cajas de herramientas,

mangueras entre otros. Considerando que la carga no sobrepase la altura de las barandas laterales del camión usado para las movilizaciones dentro del proyecto.

2.9.2 Unidades de izaje.

- Grúa Telescópica. - Son usadas para el montaje, elevación, distribución de elementos estructurales y materiales, luego de haber sido transportados a la zona de izaje. para su operación tanto operador y rigger deben contar con acreditaciones vigentes, ver figura18.



Figura 188. Grúa Telescópica, montaje de elementos estructurales.
Fuente: Elaboración propia

- Grúa Torre. - Denominada así a un tipo de grúa de estructura metálica desmontable alimentado por corriente eléctrica especialmente diseñada para trabajar como equipo fundamental en la construcción por su efectividad y rapidez en el montaje, el proyecto tuvo el modelo MC310 K12 de 70 m de flecha perteneciente a la empresa ETAC.



Figura 199. Grúa torre
Fuente: Elaboración propia

- Camión grúa. - Cumple la misma función de la grúa telescópica, pero se diferencian en la menor capacidad de carga y menor longitud de pluma. Muy usada por su auto carga, descarga y traslado de materiales, (ver figura 20).



Figura 200. Camión grúa realizando trabajos de izaje.

Fuente: Elaboración propia

- Montacarga. - Estas unidades sirven para mover mercancías y estructuras fijas embaladas de un punto a otro (ver figura 21), carga y descarga de plataformas y camiones durante el transporte de materiales. Este equipo realiza su desplazamiento en distancias cortas dentro de almacén.



Figura 2121. Unidad de movimiento de estructuras

Fuente: Elaboración propia

2.9.3 Equipos de elevación de personal

- Manlift: Equipo con capacidad de elevación de personal usado para el retiro de maniobras durante izajes, instalación de elementos estructurales, ajuste de pernos, touch up, aseguramiento de perfiles entre otros, (ver figura 22).



Figura 2222. Equipo manlift, ajuste de pernería.

Fuente: Elaboración propia

- Andamios: Los andamos son estructuras temporales con estabilidad fija, suspendida o móvil compuesta de diversas piezas todas ellas muy importantes para garantizar la seguridad y estabilidad del mismo y así pueda ser usado preservando la integridad de sus ocupantes y terceros que se encuentran en los alrededores de la zona de trabajo. Los andamios nos facilitan las actividades, debido a que podemos armar el casco sin la necesidad de tener unidas las juntas horizontales mediante plataformas perimetrales al tanque, en la modulación de plataformas de trabajo, torres de acceso, demarcaciones con barreras duras, entre otras situaciones que permitan facilitar de manera segura y dentro de los límites de resistencia y capacidad de carga de las actividades. Los andamios usados en el proyecto son de la marca Layher, llegando a usar 110 toneladas de este material durante las actividades de montaje del espesador.



Figura 233. Modulaci3n de Andamios en contorno interno del Espesador

Fuente: Elaboraci3n Propia

2.9.4 Equipos livianos

En esta clasificaci3n se encuentran equipos livianos que complementan el trabajo de montaje, cumplen una funci3n muy importante en la uni3n, anclaje de las estructuras y liberaci3n, como son los taladros, amoladoras, torqu3metros entre otros.

- Taladros Bosh (Rotomartillo): En los pedestales de concreto donde asentar3n las estructuras se colocan placas de nivelaci3n que soportan la estructura para el vaciado del mortero de nivelaci3n (grout), que se realiza despu3s del montaje, nivelaci3n y alineamiento de las estructuras. Sin embargo, antes de cualquier montaje, se debe escarificar el pedestal haciendo uso del rotomartillo, para que el mortero de nivelaci3n tenga adherencia cuando se realice el vaciado. El modelo de taladro mayormente usado en el proyecto es GBH-32.



Figura 244. Rotomartillo Bosh

Fuente: Catálogos Virtual Bosh

- Taladros magnéticos: Sirven para hacer perforaciones en estructura metálica, prácticos para realizar trabajos de perforación de manera segura y precisa en campo debido a su adherencia en el metal y fácil traslado, estos taladros utilizan brocas tipo corona en presentaciones usadas que van desde media pulgada hasta la pulgada y media, (ver figura 25).



Figura 255. Taladro magnético

Fuente: Catalogo virtual de makita

- Torquímetro: Usado para realizar el momento aplicado a la tuerca, fijando los pernos a las estructuras asegurando así la rigidez de la misma, en su aplicación se hace una prueba de tensión para determinar el valor de torque aplicado al perno, dependiendo de este valor se realiza el ajuste con torquímetro, en nuestro caso este equipo (ver figura 26), requiere de esfuerzo manual por parte de los operarios, por lo que su rendimiento es menor a las llaves hidráulicas que requieren espacios libres para su operación, sin embargo, no utilizan ninguna fuente de energía.



Figura 266. Torquímetro manual.
Fuente: Catalogo virtual *Mitutoyo*

- Multiplicador de torque: Sirve para convertir el torque aplicado por un torquímetro en un torque mayor, gracias a esta herramienta (ver figura 27), se puede llegar a igualar los valores aplicados por las llaves hidráulicas, sin embargo, ese no es su fin, esta herramienta se utiliza para verificar los valores de torque para la actividad de inspección final.



Figura 277. Multiplicador de torque 393Torquímetro
Fuente: Catálogo snap-on.

2.9.5 Otros Equipos

- Máquina de soldar: Sirve para brindar las condiciones de fusión en la unión de los elementos estructurales ya sea elevando o disminuyendo el amperaje, usada para toda unión fija, el correcto uso depende del personal calificado. Para esto los soldadores deben estar homologados de acuerdo a la norma AWS3 D1.1, Esto depende del tipo de soldado que se requiere y del elemento estructural que se requiere soldar. La figura 28 nos muestra una máquina de soldar que comúnmente es utilizada para la unión de estructuras del proceso Fcaw debido a la presencia del maletín portador de la bobina de aporte de alambre tubular de 1.2mm de diámetro usado en las actividades del montaje de estructuras.



Figura 288. Máquina de soldar, maletín de porta aporte, proceso Fcaw.

Fuente: Catálogo soldadoras Miller

- Grupo electrógeno: La energía eléctrica es muy importante para el proceso de montaje, debido a que se necesita de equipos y herramientas que necesitan energía eléctrica para su funcionamiento. Es común encontrar estos equipos (ver figura 29), cubriendo la demanda de energía eléctrica en el desarrollo de la mayoría de los proyectos de este tipo.



Figura 299. Grupo electrógeno ubicado en el área de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Los equipos citados anteriormente corresponden a las principales herramientas usadas durante las actividades que se desarrollaron en el proceso constructivo del montaje de estructuras en el proyecto de expansión de minera Chinalco.

CAPÍTULO III

DESARROLLO DEL TRABAJO

3.1 Términos de referencia

El tanque espesador de relaves de cono profundo diseñado por la empresa FLSmidth, tiene una capacidad de almacenamiento en operación de 13800 m³, con dimensiones de 43 m de diámetro, una altura total de 15.8 m de alto, con 156 columnas perimetrales de soporte dentro de las 743 394.5 kg de estructura que conforma el epesador.

El mecanismo (drive) está compuesto por 6 motores hidráulicos y la unidad hidráulica por 2 bombas hidráulicas una operativa y otra en stand by, ambas con motores eléctricos de 150 Hp. Estas se abastecen del tanque de reserva de aceite hidráulico de 250 galones entregando una presión de 2995 psi al drive el cual dirige esta fuerza hacia la jaula central encargada de rotar las 4 rastras; 2 rastras largas y 2 rastras cortas. Evitando de esta manera la solidez de la pulpa de relave procesado en el tanque.

3.2 Antecedentes

El Proyecto de Montaje se llevó a cabo en la unidad minera: Chinalco - Perú, consiste en una unidad minera de tajo abierto con reservas de cobre y molibdeno manteniendo una tasa de procesamiento del mineral de 117200 t/d. En junio del 2018 se anunció el inicio de obras de la Expansión de la Planta de la Unidad Minera Toromocho, que traerá consigo un procesamiento de 170000 t/d. Por tanto, se debe ampliar todas las áreas de la planta concentradora. Las nuevas instalaciones se construirán en el lugar de la planta concentradora existente inmediatamente adyacente a las instalaciones operativas. La construcción de las nuevas instalaciones debe realizarse de manera tal que se evite la interrupción de las instalaciones operativas existentes.

3.2.1 Ubicación

El Proyecto de Expansión Toromocho está ubicado en los distritos de Morococha y Yauli, provincia de Yauli, departamento de Junín, (ver figura 30). El lugar en que se encuentran las concesiones presentan una topografía accidentada en medio de nuestra cordillera peruana, con altitudes que varían entre 4400 y 5000 msnm.

El acceso al área del Proyecto, se realiza desde la ciudad de Lima por la Carretera Central, a través de una vía asfaltada hasta Morococha (142 km), también se puede acceder mediante el Ferrocarril Central (173 km), que actualmente es usado para el transporte de concentrado e insumos para la unidad minera.

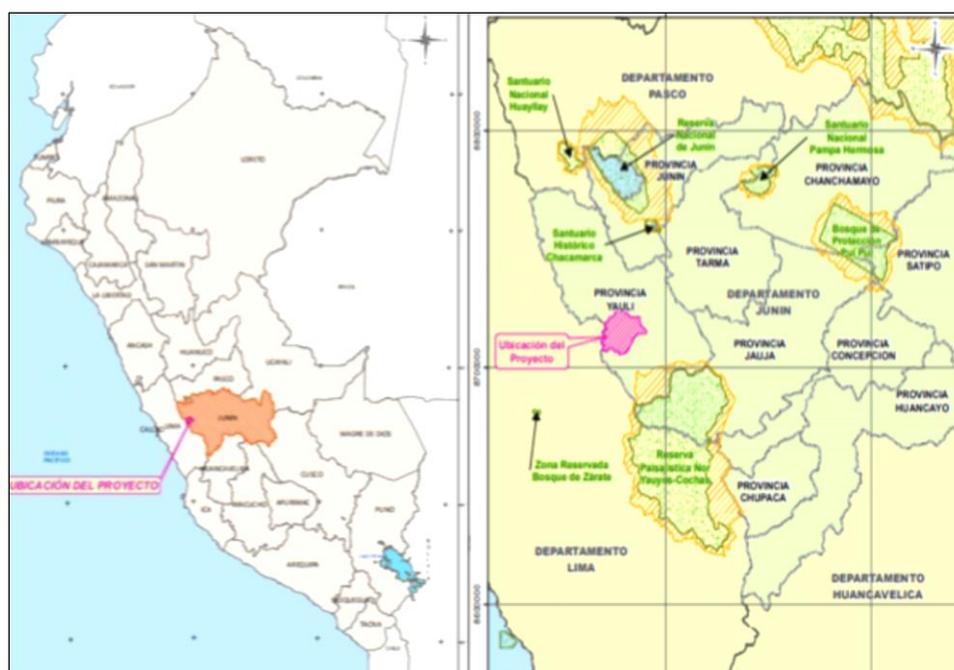


Figura 30. Ubicación del Proyecto.

Fuente: Gráfico de ubicación EIA.

3.3 Disciplinas en el proyecto de expansión

La magnitud del proyecto ha permitido que varias disciplinas de ingeniería se encuentren involucradas para su construcción y desarrollo, como civil, tubería, mecánica, estructural, electricidad, entre otras.

Las principales disciplinas involucradas y función que cumplen en el proyecto de expansión son:

- Civil: Esta disciplina abarca entre sus principales funciones los estudios de suelos, geotecnia, topografía, movimiento de tierras, cimentaciones, sistemas de drenaje y diseño de estructuras.
- Mecánica y Estructural: Entre las principales funciones que tiene a cargo están, el diseño estructural, la elaboración de documentos estructurales, tales como planos de soporte de tuberías, planos de estructuras, detalles de los procesos de armado de las estructuras, montaje de equipos y especificaciones de diseño.
- Eléctrica: Esta disciplina se encarga de todo el diseño del sistema eléctrico, instalación de equipos, ubicación de zonas de alto voltaje (zonas de peligro), planos de distribución, diagramas, ubicación y planos de salas eléctricas y subestaciones, entre otros.
- Tubería: Principalmente se encarga de todas las distribuciones de fluidos, instalación de tuberías, instrumentos y equipos de bombeo en todo el proyecto.

3.4 Principales empresas que participaron en el desarrollo del proyecto de expansión.

Para cubrir la demanda de las disciplinas mencionadas anteriormente se ha requerido el servicio de diversas empresas importantes, de gran prestigio y trayectoria, que trabajan en conjunto para lograr el objetivo de la expansión de la unidad minera Chinalco.

Entre las principales empresas involucradas se encuentran:

- Consorcio Cosapi - ICSK: Empresas dedicadas a la construcción industrial y montaje de estructuras en los sectores de minería, electricidad, plantas industriales, puertos, hidráulica, electromecánica y movimiento de tierras.
- Haug: Empresa peruana con trascendencia internacional que brinda servicios de ingeniería, se desempeña en los sectores de minería construcción e infraestructura,

energía, ingeniería y obras civiles.

- Hv: Empresa dedicada a la construcción de obras civiles, desarrollando proyectos reconocidos de edificación, transporte, plantas industriales y telecomunicaciones
- Mainin: Brinda servicios en proyectos de metalmecánica, ingeniería civil, eléctricos, y geo-membranas.
- Prosegur: Empresa que cuenta con varias líneas de negocio, como, constructora, concesiones, energía y medio ambiente.

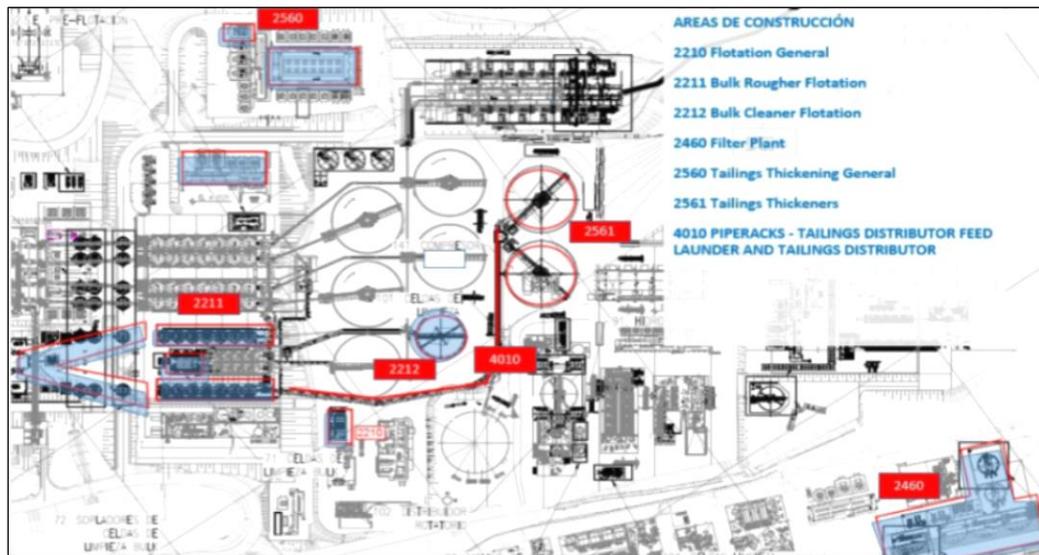


Figura 31. Áreas del proyecto de Expansión.

Fuente: Documentos del proyecto.

3.5 Montaje de un tanque espesador de relaves de 43m de diámetro y 743 tn de estructura en el proyecto de expansión minera Chinalco.

Haug, es una empresa con mediano alcance en el proyecto de Expansión Toromocho y brinda servicios de montaje electromecánico para la construcción del proyecto. En el alcance electromecánico tenemos actividades de montaje de: estructura, equipos, tuberías, instrumentos eléctricos, soldadura de tanques, pintura de estructura entre otras. Estos trabajos electromecánicos por parte de Haug únicamente involucran áreas de Espesadores y Filtros. Existen otras áreas como; molienda, celdas de flotación, truck shop y chancado que son alcance de otras empresas.

Haug, tiene dos contratos en el Proyecto; El primer contrato es de Obras Electromecánicas en el área de Espesadores de Relaves, el cual contempla todo el alcance electromecánico y trabajos adicionales de todo tipo. El segundo contrato es de Obras Electromecánicas en el área de Filtros de Concentrado, que contempla el alcance electromecánico y los trabajos adicionales que se puedan suscitar.

3.6 Antecedentes y requerimientos del proyecto.

Luego de ganar la licitación y se adjudique a la empresa Haug SA. El proyecto motivo de este informe, se realiza la planificación de las primeras actividades de movilización. Dando inicio de estas el 25 de mayo del año 2019. La estrategia del proyecto de construcción y el programa de ejecución, están basados en base a fechas establecidas de entrega de áreas de trabajo, entrega de planos para construcción, entrega de la procura de equipos, elementos fabricados de las diferentes partes del tanque, el cumplimiento de los hitos principales y la planificación de actividades intermedias.

Tabla 4. Principales hitos del proyecto

Resumen	Fechas
Inicio del Proyecto	25-may-19
Inicio Actividades	04-May-19
Entrega a Precom	10-Nov-19
Fin Cierre y Termino de Obra	30-Nov-19

Fuente: Documentos del proyecto

3.6.1 Gantt de actividades

Para un buen manejo del proyecto se realiza la planificación total de las actividades plasmadas en este diagrama de Gantt, donde se establecen los hitos importantes de la línea base de la ejecución y cumplimiento de las actividades a lo largo del periodo de construcción de proyecto. El manejo del forecast como herramienta de pronóstico a corto tiempo y del four

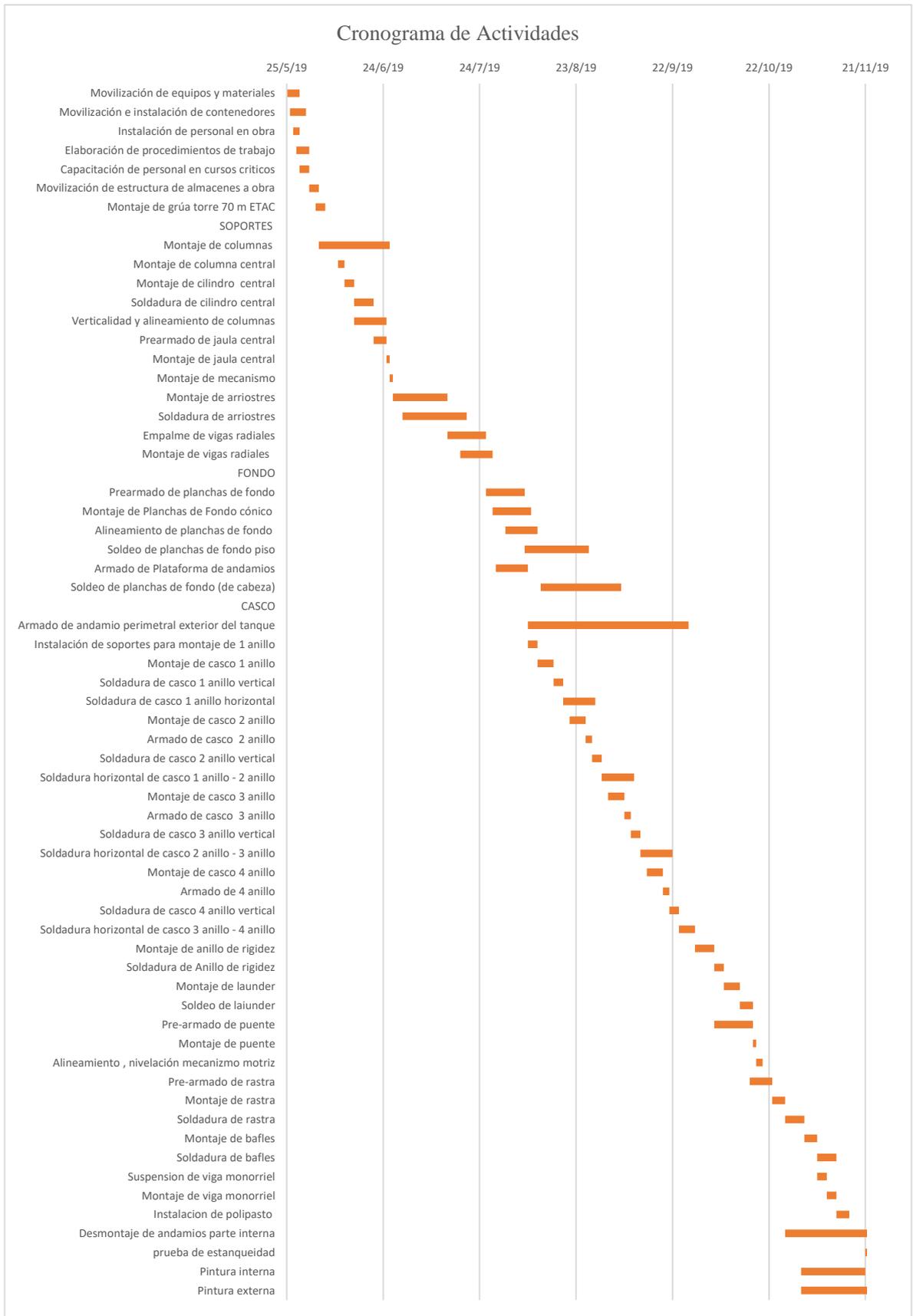
week la planificación a corto tiempo ajustando los lineamientos para poder cumplir o volver a planificar las actividades no alcanzadas.

3.6.2 Plan de montaje de estructuras.

Los trabajos de montaje de estructura dan inicio luego de la entrega de los protocolos de liberación de obras civiles ya sean todos los pedestales, losas y cimentaciones que fueron desarrolladas por otra empresa contratista (HV).

Una vez que se tiene la certeza del status real, la ubicación de los elementos estructurales y la relación de elementos en estado de fabricación; se realiza un plan elaborando las actividades de montaje de soporte del tanque (Ver tabla 5), listas de preensamble de los fondos cónicos y cronograma de montaje, esto se realiza teniendo en cuenta que se usarán preensambles para el montaje de las estructuras, la idea de realizar preensambles es una muy buena práctica en la construcción debido a que se reducen tiempos en la actividad, ahorro de recursos al crear nuevas condiciones de trabajo, ya que se puede armar un preensamble a nivel de piso con mayor facilidad a tener que armar los elementos en su posición final trabajando en alturas mayores a 12 m, en condiciones más riesgosas.

Tabla 5. Diagrama de Gantt de las actividades del proyecto



Fuente: Documentos del proyecto

3.7 Herramientas usadas en la construcción

La visualización del diseño en la construcción es de gran soporte para poder realizar las comparaciones con los planos y el montaje en campo, a su vez se detectan interferencias e incompatibilidades, por lo que resulta necesario verificar la información en planos y detalles para detectar errores. También se puede visualizar la maqueta 3D como una herramienta adicional y didáctica para revisar todo el sistema interconectado, y detectar alguna incompatibilidad antes de ejecutar el montaje y evitar pérdidas por re trabajos o retraso en el proceso. Una de las mejoras es comparar y verificar antes de la etapa de montaje; para poder tomar acción y levantar la posible observación; ya sea interferencia de estructura con el equipo, tuberías, bandeja eléctrica o algún otro elemento o incompatibilidad del plano de montaje. Para anticiparnos y poder hacer un análisis preventivo, es necesario tener la programación del montaje, la secuencia de actividades y revisar la maqueta 3D en el software. Para este proyecto se manejan dos opciones para visualizar el proyecto: Navisworks, software para visualizar la maqueta, y con mayores detalles constructivos el programa denominado Tekla structures.

3.7.1 Naviswork

Software que sirve para gestionar proyectos en una plataforma inteligente con revisión en modelos 3D, visualización y herramientas de colaboración, facilita la revisión en tiempo real y revisión del proyecto conjunto para todas las partes interesadas para mejorar la comunicación y la colaboración desde el concepto hasta la operación. Este software permite visualizar la maqueta del proyecto considerando todo el sistema interconectado (ver figura 32), es decir estructura, equipos, tuberías, entre otros, verificar su disposición y ubicación dentro de una respectiva unidad; es así como se podrían identificar muchos inconvenientes verificando la posición según sus coordenadas y la posible interferencia entre algún elemento. Tener en cuenta que la maqueta de este programa está hecha con los isométricos de cada elemento especificación de cada material y su respectiva ubicación.

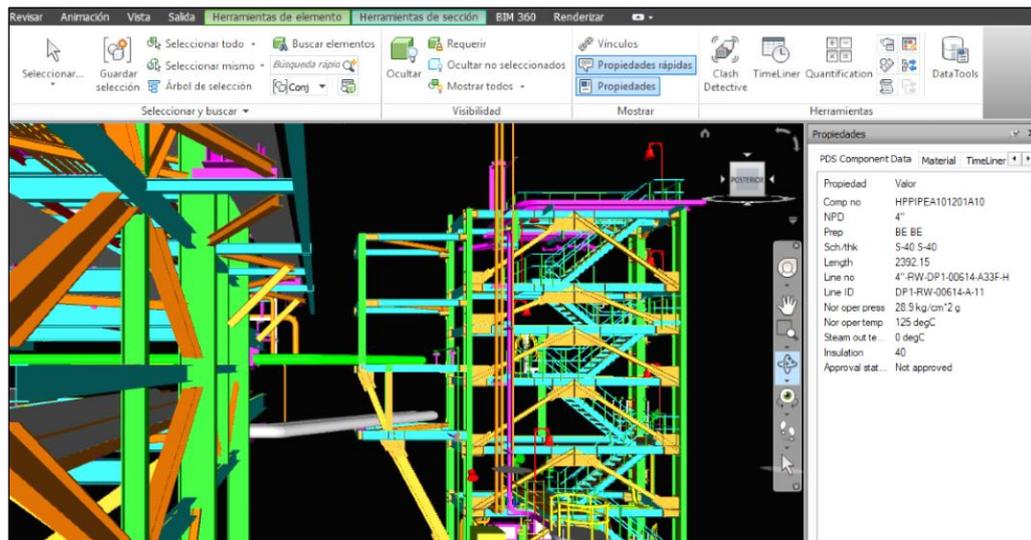


Figura 32. Vista del acceso hacia parte superior de tanque

Fuente: Documento del proyecto

3.7.2 Tekla structures.

Es un programa 3D de ingeniería asistido por computadora y es usado para el diseño, fabricación, planificación y construcción de acero estructural. Para el diseño y fabricación de los elementos que conforman el tanque espesor tanto como el soporte, fondo y revestimiento se utilizó este software, por tanto, los elementos se podrán ver desde esta plataforma virtual con todos sus detalles, (ver figura 33). En el proyecto, se utiliza este programa para visualizar los detalles de la estructura, es decir, permite al usuario verificar en una maqueta 3D cada elemento, la estructura, los detalles de perfiles estructurales (disposición, medidas y características) y los detalles de las uniones empernadas (diámetro de perno y material), la gran ventaja de la utilización de este programa es que reduce los tiempos de revisión de planos, al ser un software de detalle, es muy fácil de usar. Además, este programa fue utilizado por el fabricante para diseñar y fabricar las estructuras; por tanto, todos los planos de montaje, bolt list (Lista de conectividad de pernos), propiedades de los materiales y demás valores de detalle para el montaje de estructura recibidos en el paquete de trabajo son extraídos del programa Tekla

BIM sight (Tekla structures). Al revisar los detalles de montaje directamente de la maqueta, la cual es muy fácil y didáctica, reduce el riesgo a equivocarse, ya que brindaría mayor seguridad y confianza al personal montajista.

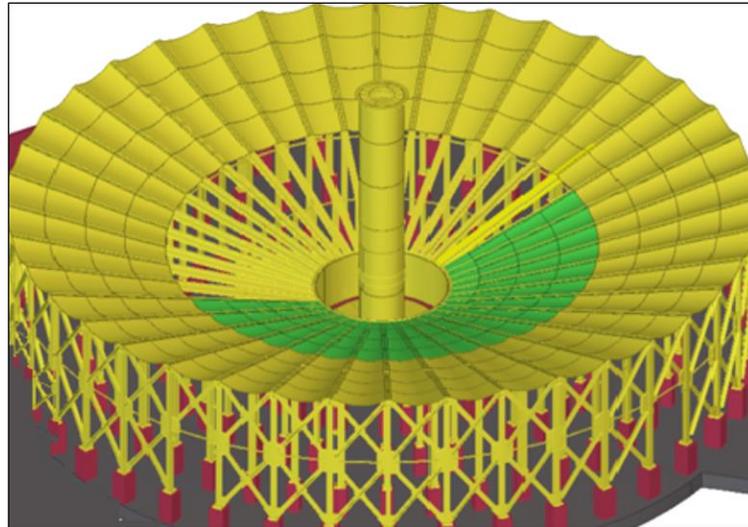


Figura 33. Vista de columnas de soporte y fondo del tanque

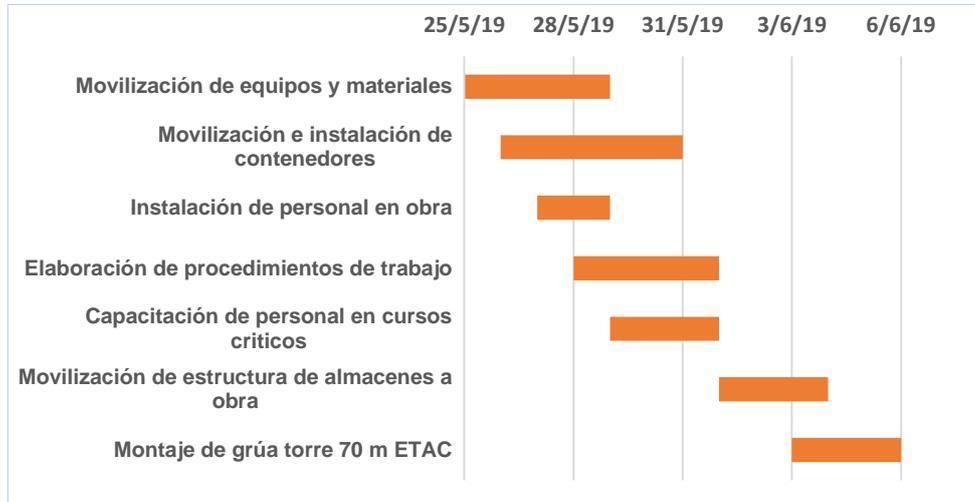
Fuente: Documento del proyecto

3.8 Desarrollo de actividades en el montaje del tanque espesador

3.8.1 Movilización.

Actividades desarrolladas en el marco de trasladar los recursos hasta el lugar de la obra, tomando posición de las áreas destinadas a la empresa para la ejecución de los trabajos, teniendo áreas de oficinas, almacenes, parques de equipos de transporte, izaje entre otros, servicios higiénicos, áreas de refugio ante tormentas eléctricas, el campamento habitacional y comedor.

Tabla 6. Tabla de Actividades de Movilización

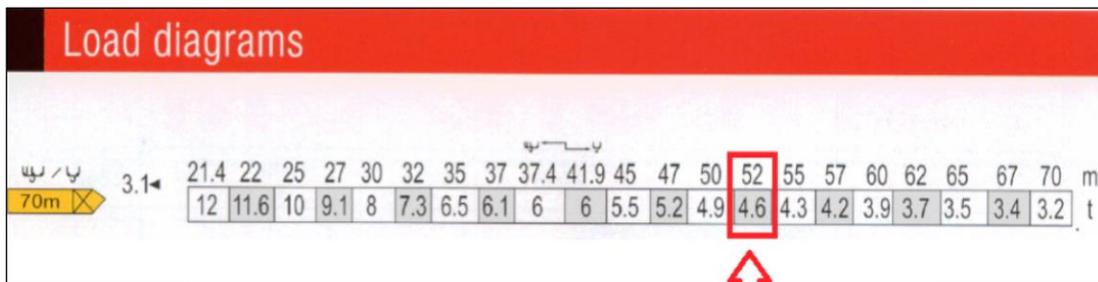


Fuente: Elaboración propia

3.8.2 Montaje de grúa torre MC 310.

Para el desarrollo del izaje de estructuras del tanque espesador se tiene como equipo principal a la grúa torre, modelo MC 310 K12 de 70 m de pluma de la empresa ETAC. Está posicionada en una base de concreto construida especialmente de acuerdo a los requerimientos de resistencia y capacidad para la operación de esta grúa, encontrándose a 32 m del centro del tanque espesador a construir. A continuación, se muestra el diagrama de cargas que pertenece a la grúa torre indicando el valor máximo de trabajo, la tabla también se muestra la carga en cada segmento de pluma.

Tabla 7. Diagrama de carga grúa torre



Fuente: Catálogo Etac Perú

Tabla 8. Elementos montados con apoyo de grúa torre

Elementos	Descripción	Peso Máx/Und (Ton)
Columnas	Altura = 8.3 m	1.7
Vigas Radiales	Longitud = 12 m (2 elementos 12 y 7m)	3.2
Planchas de Fondo	4 elementos soldados	1.7
Casco	Espesor = 19 mm PL = 2.38 x 12 m	4.4.
Rastra	Elemento rake arm.	2.8

Fuente: Elaboración Propia

3.8.3 Procura de materiales.

Luego de realizar el primer paso de la movilización se recibe el paquete de trabajo; el cual corresponde a un grupo de documentos que contienen información necesaria para el inicio de la ejecución de las actividades de construcción; planos de montaje, metrados de materiales a ser instalados, inspecciones pertinentes, movilización de maquinaria y equipos.

Para este proyecto el suministro de elementos para el montaje es responsabilidad de la empresa diseñadora FLSmidth. Por tanto, el paquete de trabajo debe verificarse y tener el control del material entregado. En la primera etapa se elabora una lista de los materiales requeridos o el metrado actualizado para solicitar los elementos estructurales de almacén (ver tabla 9), estos elementos estructurales deben estar de acuerdo a los planos de fabricación.

Una de las fuentes de información son los metrados, los cuales vienen junto con el paquete de los planos de montaje del fabricante de estructuras, sin embargo, esta lista no es suficiente ya que se necesita tener un control y estatus de los elementos entregados a campo, elementos pendientes por entregar y elementos pendientes por fabricar.

Tabla 9. Control de Materiales (Data Sheet)

PROY.	MARCA	DESCRIPCIÓN ELEMENTO	PERFIL PRINCIPAL	GRADO	CANT. (und)	PESO UNIT (kg)	PESO TOTAL (kg)	AREA UNIT. (m2)	AREA TOTAL (m2)	LARG O (mm)	ANCH O (mm)	ALTU RA (mm)	RE V.	ENVI ADO	RECIB IDO	OBRA
P2104	2104-43.6-BA1	BRACING ANGLE	L5X5X3/8	A36	26	45.25	1176.5	1.26	32.82	2475	127	127	0	26	26	26
P2104	2104-43.6-BA2	BRACING ANGLE	L4X4X1/4	A36	26	17.52	455.4	0.73	18.93	1785	102	101.6	0	26	26	26
P2104	2104-43.6-BA3	BRACING ANGLE	L3X3X1/4	A36	26	7.77	201.9	0.33	8.5	1067	76	76.2	0	26	26	26
P2104	2104-43.6-BA4	BRACING ANGLE	L5X5X3/8	A36	12	45.25	543	1.26	15.15	2475	127	127	0	12	12	12
P2104	2104-43.6-BA5	BRACING ANGLE	L4X4X1/4	A36	8	17.52	140.1	0.73	5.82	1785	102	101.6	0	8	8	8
P2104	2104-43.6-BA6	BRACING ANGLE	L3X3X1/4	A36	8	7.77	62.1	0.33	2.62	1067	76	76.2	0	8	8	8
P2104	2104-43.6-BA9	BRACING ANGLE	L5X5X3/8	A36	2	45.25	90.5	1.26	2.52	2475	127	127	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BE1	BEAM FRAME	W12X40	A992-GR.50	1	576.09	576.1	12.96	12.96	3546	1208	1498.8	0	1	1	1
P2104	2104-43.6-BE2	BEAM FRAME	W12X40	A992-GR.50	1	576.09	576.1	12.96	12.96	3546	1208	1498.8	0	1	1	1
P2104	2104-43.6-BF1	BLIND FLANGE	PL25X1137.6	A36	1	332.11	332.1	5.06	5.06	1138	449	1137.6	0	1	1	1
P2104	2104-43.6-BM1	BOTTOM PLATE CYLINDER	PL8X3443.5	A36	2	932.41	1864.8	29.88	59.76	6890	8	3443.5	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BO1	BRACING OUTER	L5X5X5/16	A992-GR.50	26	38.64	1004.7	1.28	33.39	2520	127	127	0	26	26	26
P2104	2104-43.6-BO2	BRACING OUTER	L5X5X5/16	A992-GR.50	12	38.64	463.7	1.28	15.41	2520	127	127	0	12	12	12
P2104	2104-43.6-BO3	BRACING OUTER	L5X5X5/16	A992-GR.50	2	38.64	77.3	1.28	2.57	2520	127	127	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BR1	BLADE RAKE	PL9.5X266.7	A572-GR.50	2	73.69	147.4	2.08	4.16	267	85	3465	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BR2	BLADE RAKE	PL12X419	A572-GR.50	6	126.35	758.1	2.8	16.82	419	87	3048	0	6	6	6
P2104	2104-43.6-BR3	BLADE RAKE	PL12X572	A572-GR.50	2	196.66	393.4	4.32	8.64	572	87	3597	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BR4	BLADE RAKE	PL12X572	A572-GR.50	2	217.23	434.5	4.77	9.53	572	87	4031	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BR5	BLADE RAKE	PL12X572	A572-GR.50	2	242.65	485.3	5.33	10.66	4455	869	572	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BR6	BLADE RAKE	PL12X571	A572-GR.50	2	236.77	473.5	5.2	10.39	4373	1118	571	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BR7	BLADE RAKE	PL12X724	A572-GR.50	2	306.17	612.3	6.69	13.39	4246	1660	724.6	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BRA1	BLADE RAKE ARM	PL6.3X114.3	AR400	2	18.77	37.5	0.84	1.68	115	6	3465	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BRA2	BLADE RAKE ARM	PL6.3X114.3	AR400	6	16.51	99.1	0.74	4.43	115	6	3048	0	6	6	6
P2104	2104-43.6-BRA5	BLADE RAKE ARM	PL6.3X114.3	AR400	2	10.78	21.6	0.48	0.97	1990	6	115	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BRA6	BLADE RAKE ARM	PL6.3X114.3	AR400	2	10.94	21.9	0.49	0.98	2020	6	115	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BRA7	BLADE RAKE ARM	PL6.3X114.3	AR400	2	11.04	22.1	0.49	0.99	2027	172	115	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BRA10	BLADE RAKE ARM	PL6.3X114.3	AR400	2	14.15	28.3	0.63	1.27	2573	343	115	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BRA11	BLADE RAKE ARM	PL6.3X114.3	AR400	2	10.2	20.4	0.46	0.91	1848	286	118.9	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BRA12	BLADE RAKE ARM	PL6.3X114.3	AR400	2	15.69	31.4	0.7	1.41	2785	578	128.6	0	2	2	2
P2104	2104-43.6-BRA13	BLADE SCRAPER	PL6X100	AR400	4	13.42	53.7	0.61	2.42	100	6	2850	0	4	4	4
P2104	2104-43.6-BRAL1	BRACE_RAKE ARM LONG	HSS10X10X1/2	A500-GR.B	2	2158.35	4316.6	23.98	47.96	9521	496	3552.7	1	2	2	2
P2104	2104-43.6-BRAL2	BRACE_RAKE ARM LONG	TS.VAR_914.4X2	A572-GR.50	2	1197.26	2394.1	15.84	31.68	8671	327	914.4	1	2	2	2
P2104	2104-43.6-BRAL3	BRACE_RAKE ARM LONG	HSS10X10X1/2	A500-GR.B	2	1930.08	3860.3	21.35	42.7	8448	3548	496	1	2	2	2
P2104	2104-43.6-BRASH1	BRACE_RAKE ARM SHORT	HSS8X8X3/8	A500-GR.B	2	1102.26	2204.6	17.23	34.46	7912	406	3523	1	2	2	2
P2104	2104-43.6-BS1	BRACING STRUT	WT10.5X55.5	A992-GR.50	26	389.43	10125.1	5.6	145.54	4781	314	273.2	0	26	26	26
P2104	2104-43.6-BS2	BRACING STRUT	WT10.5X55.5	A992-GR.50	24	423.97	10175.2	5.92	142.01	4519	642	298.3	0	24	24	24
P2104	2104-43.6-BS5	BRACING STRUT	WT10.5X55.5	A992-GR.50	14	389.43	5452	5.6	78.37	4781	314	273.2	0	14	14	14
P2104	2104-43.6-BS6	BRACING STRUT	WT10.5X55.5	A992-GR.50	12	370.9	4450.8	5.32	63.89	4519	314	273.2	0	12	12	12
P2104	2104-43.6-BT1	BOTTOM PLATE	PL8X863.5	A36	40	79.37	3174.9	2.62	104.87	866	34	1715.1		40	40	40
P2104	2104-43.6-BT2	BOTTOM PLATE	PL8X1223.1	A36	40	157.96	6318.5	5.16	206.52	1224	63	2404.5		40	40	40

Fuente: Datos Propios del Proyecto

3.8.4 Montaje de columna central y perimétricas.

El tanque está soportado en 156 columnas perimetrales y 1 columna central, esta última es soporte de todo el mecanismo de arrastre y del puente que sirve de acceso peatonal en operación y mantenimiento del tanque espesador, es montada con una grúa telescópica de 140 tn de la marca terex – AC140, tabla de carga, (ver figura 38). El montaje se realiza con el apoyo de la grúa torre, una maniobra con grilletes de $\frac{3}{4}$ y eslingas de 3m x 3” x 2 capas, toda área de izaje es delimitada y solo el personal autorizado en la maniobra se encuentra dentro, sean estos; el rigger, venteros, vigías y personal montajista encargado de la instalación y apriete de tuercas en los pernos de anclaje. También se tiene en el área de izaje un manlift el cual facilita el retiro de las maniobras. Se muestra tabla 10, donde se detalla características de los elementos.

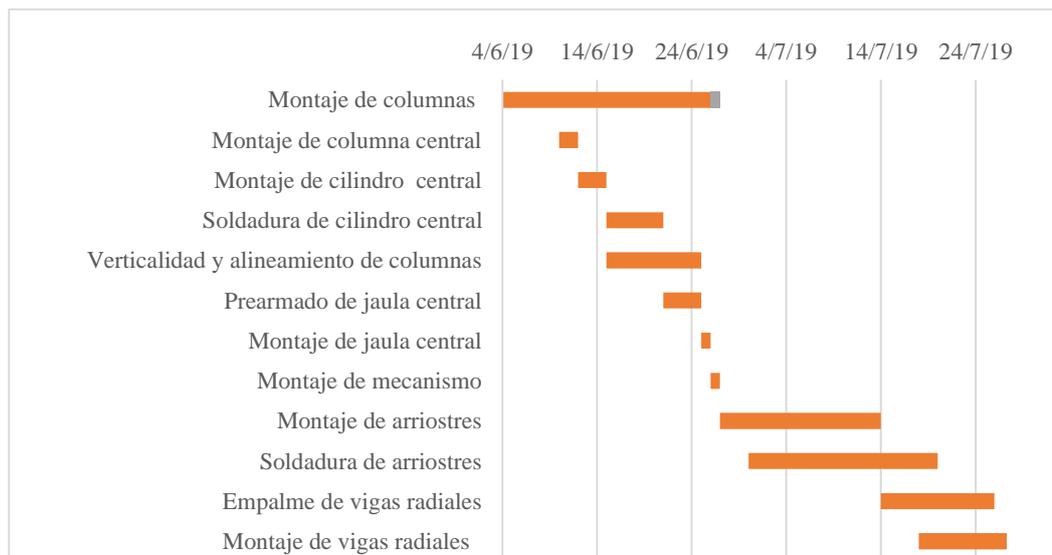


Figura 34. Cronograma de actividades de soporte de tanque

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 10. Especificación técnica de las columnas

Elemento	Cant.	Peso (Kg)
Columna Interna	38	14980.5
Columna Interna Media	38	28429.9
Columna Externa Media	40	45514.4
Columna Externa	40	70144.1
Columna Central Superior	1	9652.1
Columna Central Inferior	1	7107.3
Total	158	175828.3

Fuente: Elaboración propia

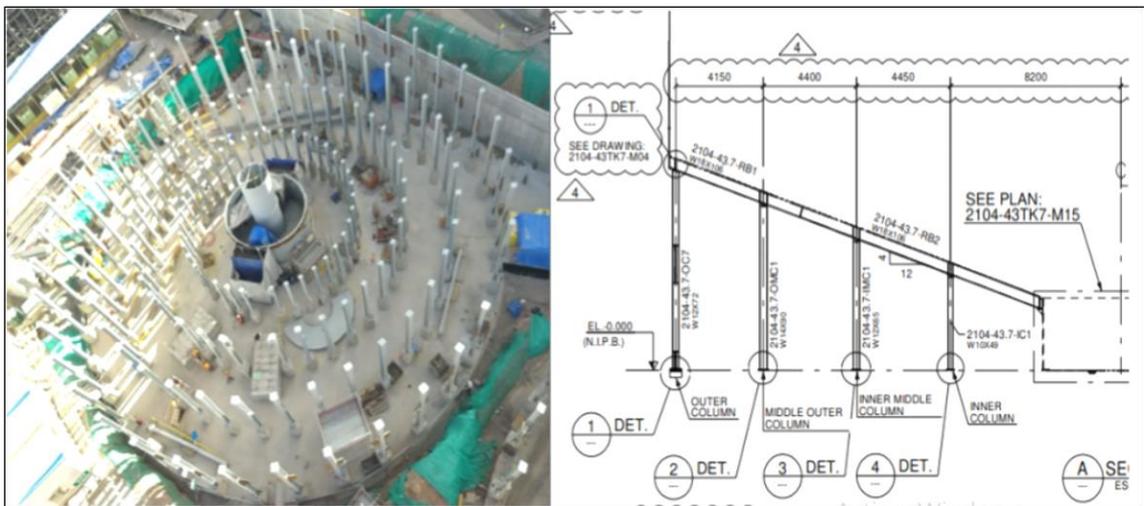


Figura 35. Columnas sobre Pedestales

Fuente: Imágenes y documentos del Proyecto

3.8.5 Verticalización de columnas con apoyo topográfico.

Es necesario realizar el protocolo de liberación topográfica de verticalidad el cual permite un $\pm 5\text{mm}$ en su parte superior. Para esta actividad se realiza un trazo en el medio del alma y peralte de las columnas, luego el topógrafo con apoyo de la estación total logre divisar el alineamiento de estas con el apoyo de operarios montajistas encargados de colocar laines (shim plate) y dar ajuste a las tuercas en los pernos de anclaje. Una vez realizado se puede proseguir con las actividades de montaje.

3.8.6 Montaje de cilindro central.

El cilindro Central situado alrededor de la columna central es montado inmediatamente después de la columna central utilizando igualmente la grúa telescópica Terex Ac-140, un scissorlift sirve de apoyo en el retiro de los aparejos de izaje, según plano de montaje este cilindro consta de dos partes, la primera que se instala en los pernos de anclaje del pedestal central, y la segunda que se une mediante cordón de soldadura CJP, TYP, soldadura de canal en conexión anular según muestra la figura 36. Luego de realizar la instalación se requiere las liberaciones de los protocolos de calidad. El cilindro central permite aliviar el torque del sistema de arrastre gracias a la expulsión de la pulpa de relaves en conexión con las bombas de relaves, es el soporte Central de todo el tanque y tiene salidas para evacuar el material sedimentado, así como también para sensores de presión e ingresos (open hole), para futuros mantenimientos.

Tabla 11. Datos técnicos del cilindro central.

Elemento	Cant.	Peso (Kg)
Cilindro Central parte 1	1	11083.15
Cilindro Central parte 2	1	11342.3
Total	2	22425.45

Fuente: Elaboración Propia

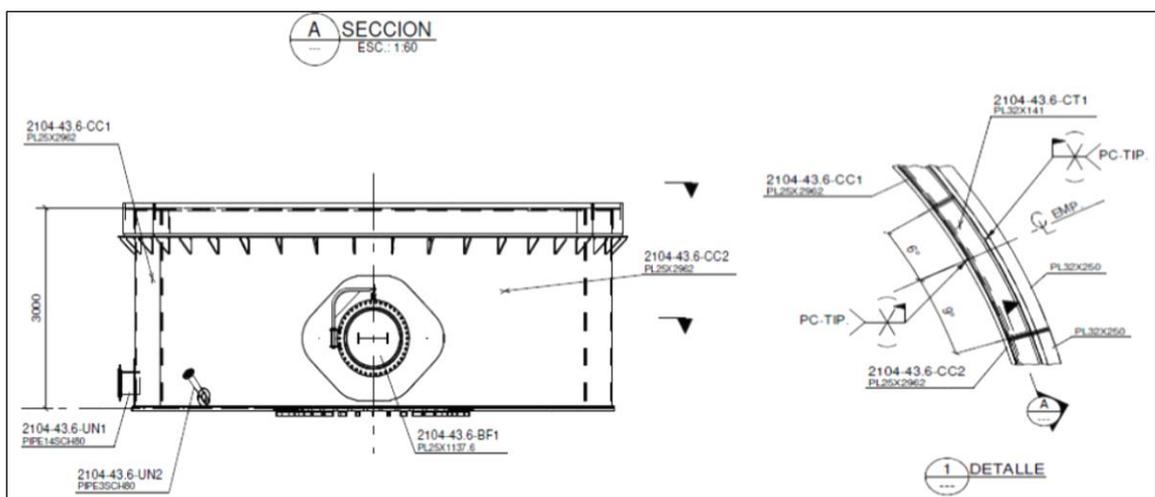


Figura 36. Cilindro central, detalle de soldadura

Fuente: Documentos del proyecto.

3.8.7 Montaje de jaula central.

Para el montaje de la jaula central se realizó un ensamble previo de los elementos descritos en la tabla 12, debido a las condiciones de transporte estas no pudieron ensamblarse en planta, realizando el preensamble y soldeo de todos los elementos estructurales de la jaula central en campo. Para el izaje e instalación en la posición final de la jaula central se realiza una rigging plan debido a ser un izaje crítico. La jaula central es soporte de las rastras (cortas y largas) su función es de transmitir el torque de la unidad hidráulica hacia la pulpa, sedimento de relave.

Tabla 12. Especificaciones de la jaula central

Elemento	Cant.	Peso (Kg)
Jaula Central	1	17173.04
Enrejado Corona I	1	1486.23
Enrejado Corona II	1	1486.23
Enrejado Corona III	1	1486.17
Enrejado Corona IV	1	1486.17
Total	5	23117.84

Fuente: Elaboración propia

Para ejecutar la actividad de montaje de Jaula central se realizó un Riggin plan debido al peso de la estructura que excede el 75% del peso máximo de levante y la distancia de esta en piso hasta su posición final. Para verticalizar la estructura de manera segura se realiza un izaje en Tandem, lo que requiere del uso de dos grúas telescópicas una de 140 tn y la otra de 100 tn, haciendo que la de mayor capacidad realice el izaje y la otra haga la retenida, logrando así colocar la estructura en forma vertical para su posterior izaje hacia la posición final ya solo con el uso de la grúa de 140 tn. En las figuras 37 y 38, se muestran los diagramas de carga de

cada grúa y en la figura 39, se encuentran las especificaciones de la maniobra.

HA (HA50)		AC 100/4(L)											
25,2 t		8,10 m x 7,20 m					360°					ISO	
(0°)		11,9m	11,9m	16,2m	20,4m	24,7m	29,0m	33,3m	37,5m	40,5m	45,2m	50,0m	
m	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	m
	100,0*	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
3	80,0	74,0	72,5	70,6	58,4	-	-	-	-	-	-	-	3
4	69,3	61,9	62,4	60,9	55,1	48,1	-	-	-	-	-	-	4
5	60,7	52,7	53,2	53,1	51,2	44,5	34,8	-	-	-	-	-	5
6	53,2	45,7	46,2	46,2	46,7	40,5	32,0	-	-	-	-	-	6
7	44,5	40,2	40,8	41,4	41,2	36,7	29,6	25,0	-	-	-	-	7
8	38,1	35,8	36,6	37,0	36,8	34,0	27,6	23,5	20,1	-	-	-	8
9	25,6	23,8	33,1	33,3	33,2	31,4	26,0	22,0	19,0	16,2	-	-	9
10	-	-	30,1	30,3	30,1	28,8	24,6	20,5	18,0	15,6	12,0	-	10
12	-	-	23,5	23,7	23,5	22,9	21,8	18,3	16,1	14,3	11,9	-	12
14	-	-	-	18,8	18,5	18,2	18,5	16,1	14,6	13,0	11,1	-	14
16	-	-	-	15,4	15,1	15,6	15,1	14,4	13,0	12,0	10,4	-	16
18	-	-	-	9,1	13,1	13,1	12,6	12,8	11,7	10,9	9,6	-	18
20	-	-	-	-	11,5	11,2	11,0	10,9	10,6	9,9	8,8	-	20
22	-	-	-	-	8,8	9,7	9,8	9,4	9,3	9,1	8,1	-	22
24	-	-	-	-	-	8,7	8,6	8,4	8,1	7,9	7,5	-	24
26	-	-	-	-	-	7,5	7,6	7,4	7,1	7,2	6,9	-	26
28	-	-	-	-	-	5,9	6,7	6,6	6,3	6,3	6,1	-	28
30	-	-	-	-	-	-	6,1	5,9	5,8	5,6	5,3	-	30
32	-	-	-	-	-	-	5,5	5,3	5,3	4,9	4,7	-	32
34	-	-	-	-	-	-	-	4,7	4,8	4,4	4,1	-	34
36	-	-	-	-	-	-	-	-	4,3	3,9	3,6	-	36
38	-	-	-	-	-	-	-	-	3,4	3,5	3,2	-	38
40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3,1	2,8	-	40
42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,8	2,4	-	42
44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2,1	-	44
46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,9	-	46

Figura 37. Diagrama de cargas de grúa telescópica de 100 tn

Fuente: Manual de operación de grúas Terex.

AC140

Capacidades de la pluma principal

HA

Capacidad (t) = carga + motón inferior

Rango de giro 0-360 °
 Longitud de apoyo 8,23 m
 Ancho de apoyo 7,5 m
 Contrapeso 39 t

Longitud de la pluma principal (m)	31,3	34	34	34	34	34	34,3	35,6
Radio (m)								
5	20,8	37,3	34,5	30	28,8	27	42,3	20,6
6	19	33,4	31	28,1	25,8	24,5	40,2	19
7	17,2	30,5	28,5	26,4	23,6	22,6	38,4	17,6
8	15,9	27,5	26,1	24,8	21,5	20,7	36,5	16,3
9	14,7	25,5	24,3	23,5	19,9	19,3	34,9	15,1
10	13,6	23,8	22,7	22,4	18,5	18,1	33,4	14,3
12	11,6	20,2	19,6	20	15,8	15,7	30,5	12,5
14	10,3	17,8	17,4	18,2	13,9	13,9	27,8	11
16	9,1	15,9	15,7	16,7	12,4	12,6	23,1	10
18	8,1	14	14	15,2	11	11,3	19,2	9
20	7,4	12,6	12,7	14	9,9	10,3	16,2	8
22	6,6	11,5	11,7	13	9	9,4	13,8	7,4
24	6,1	10,4	10,6	12,1	8,2	8,6	12	6,8
26	5,6	9,6	9,8	11,3	7,5	7,9	10,5	6,2
28		8,9	9,1	10,3	7	7,4	9,2	5,9
30		8,3	8,5	9,2	6,5	6,9	8,1	5,5
Paso simple del cable	3	5	5	4	4	4	6	3
Código LK	25	27	28	29	30	31	26	32
Tele 1 (%)	0	0	0	0	0	0	45	0
Tele 2 (%)	0	90	45	45	0	0	45	0
Tele 3 (%)	0	45	90	45	90	45	45	45
Tele 4 (%)	100	45	45	45	90	90	45	100
Tele 5 (%)	100	45	45	90	45	90	45	100

Figura 38. Diagrama de cargas de grúa telescópica Terex de 140 tn

Fuente: Manual de operación de grúas Terex.

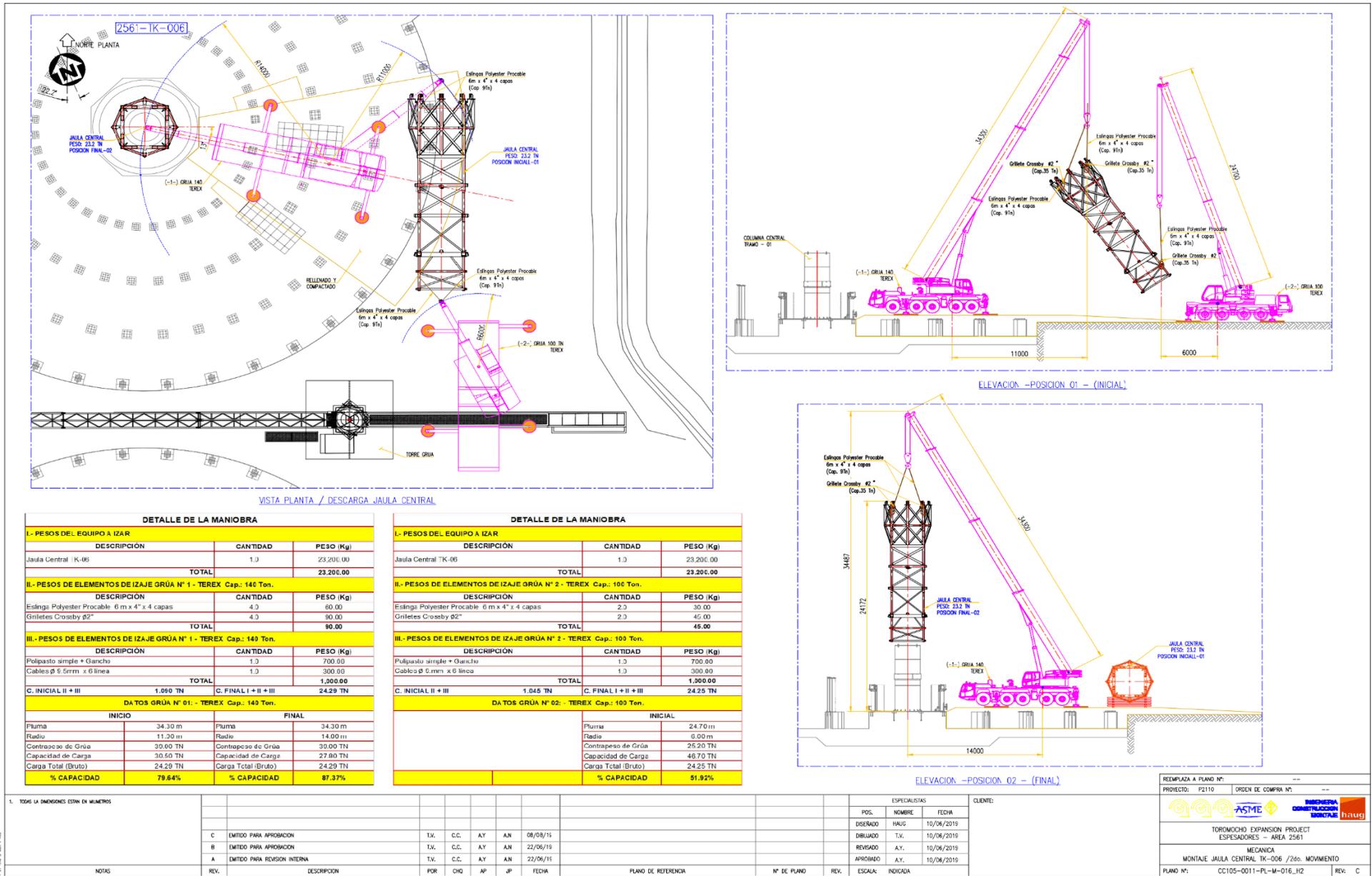


Figura 39. Diagrama de izaje de la jaula central (rigging plan)

Fuente: Documentos del proyecto

3.8.8 Montaje de vigas radiales.

(Radial Beam, RB), Debido a su longitud estas llegan a obra en dos tramos para poder facilitar el transporte hasta el proyecto. Se realiza un pre armado y soldeo de empalme de vigas radiales antes de su montaje, Se instalan ambientes debidamente encapsulados para poder realizar las costuras de los empalmes de las vigas radiales, las costuras son sometidas a ensayos UT, y líquidos penetrantes siendo liberados por el área de calidad. Luego de realizar la liberación de las costuras se procede con el izaje a su posición final con apoyo de la grúa torre.

Tabla 13. Especificación técnica de vigas radiales

Elemento	Cant.	Peso (Kg)
Viga Radial tramo I	40	46064
Viga Radial Tramo II	40	78248
Total	80	124312

Fuente: Documentación del proyecto

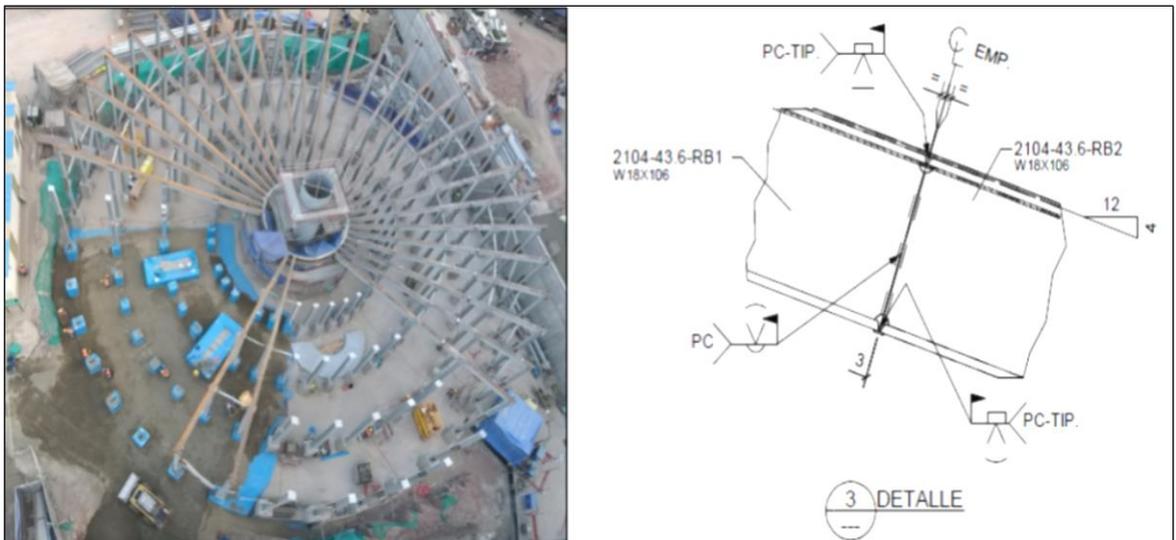


Figura 40. Montaje de vigas radiales y detalle de unión soldada

Fuente: Documentos del proyecto

3.8.9 Montaje de Planchas de Fondo

El revestimiento de la parte inferior del tanque (Bottom plate, BT) está conformado por planchas de 8mm de espesor que unidas forman una sección triangular siendo todo el fondo dividido en 40 partes las cuales deben ser pre armadas y apuntaladas en campo para luego ser unidas mediante cordón de soldadura que se realiza en talleres provisionales debidamente acondicionados para realizar un trabajo seguro, el área de calidad juntamente con el supervisor de soldadura son los encargados de realizar los ensayos no destructivos a estos cordones de soldadura, seguidamente se procede con el izaje hacia su posición final con apoyo de la grúa torre y los aparejos de izaje.

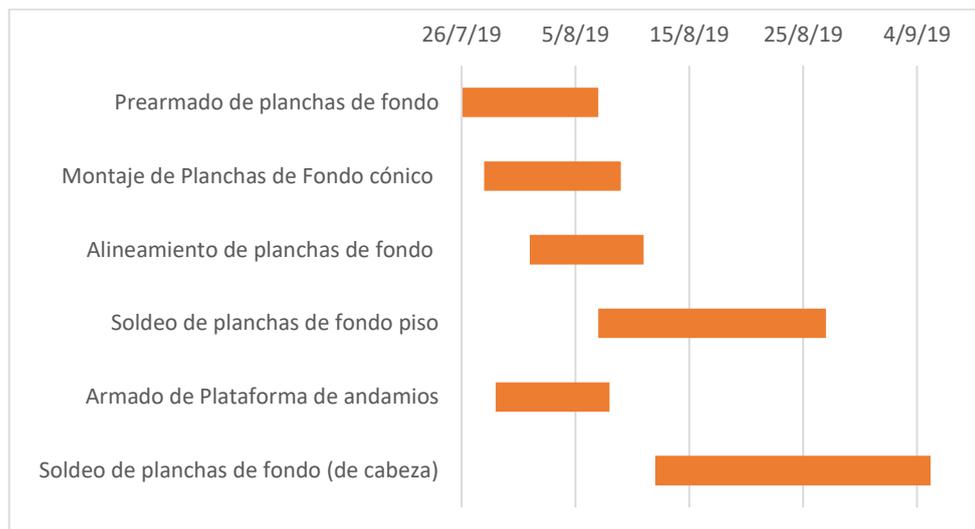


Figura 41. Cronograma de montaje de planchas de fondo

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Especificación de planchas de fondo

Elemento	Cant.	Peso (Kg)
Plancha de Fondo I - V	200	43069.6
Plancha de Fondo VI - VIII	120	52309.2
Total	320	95378.8

Fuente: Elaboración propia

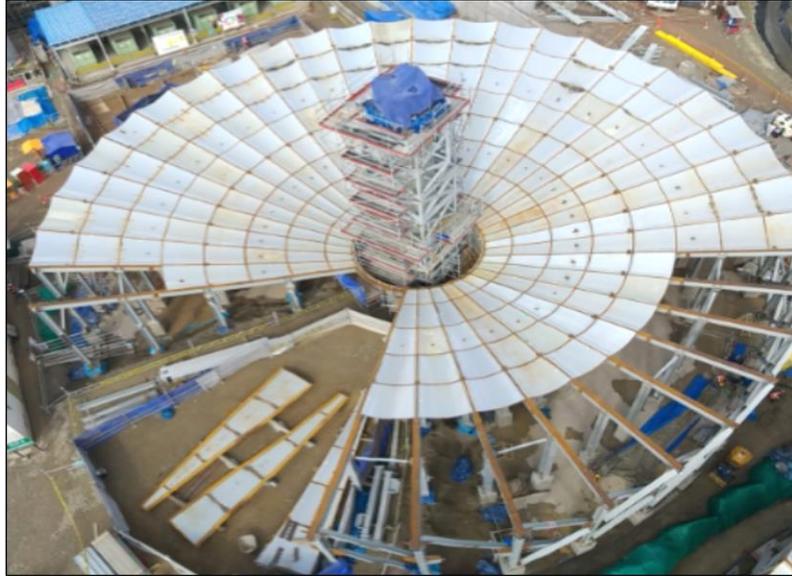


Figura 42. Montaje de planchas de fondo

Fuente: Actividades del Proyecto.

Para facilitar el montaje de las planchas se sueldan dos orejas en los extremos que sirven como punto de izaje de las planchas. Las orejas cuentan con una memoria de cálculo que se detalla a continuación.

3.8.10 Memoria de cálculo de oreja para izaje.

Para el izaje de las planchas de revestimiento del tanque se diseña una oreja de izaje de 2.0 ton de capacidad.

Códigos y normas implicadas en el diseño de orejas de izaje.

- ASTM: American society for testing and materials (ASTM)
- ASME-BTH-1-2014: Design of bellow the hook lifting devices
- AISC 360-10

Materiales que se usan en la fabricación

- Acero estructural ASTM A-36: $F_y = 250$ Mpa
- Módulo de Elasticidad= $E = 200,000$ MPa
- Soldadura: Electrodo E7018

Criterio de diseño:

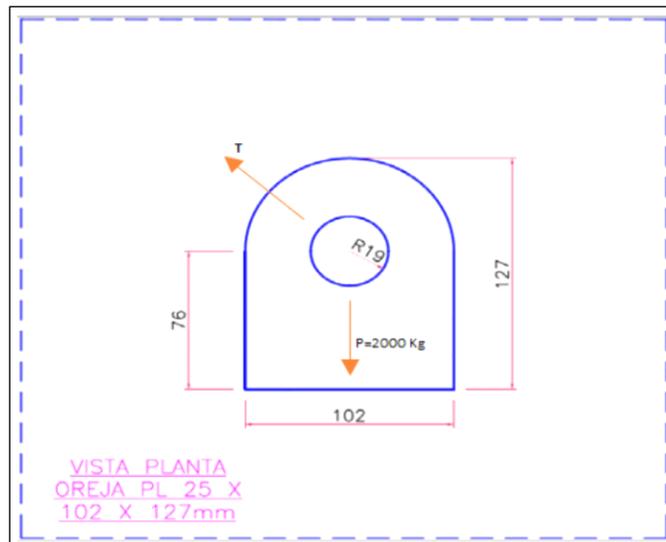


Figura 43. Diseño de oreja de izaje
Fuente: Documentos del Proyecto

- Altura total = $h = 127$ mm
 - Ancho de la base = $b = 102$ mm
 - Espesor = $t = 25$ mm
 - Radio de centro de agujero a borde de oreja = $R = 51$ mm
 - Diámetro del agujero = $D = 38$ mm
 - Carga para la oreja, $P = 2000$ Kg
 - Diagrama de cargas en cada oreja:
 - Fuerza vertical = $F_y = 2,000$ Kg = 4,400 Lb
 - Tensión en la cuerda = $T = F_y / \text{sen } 45^\circ = 2,000 / \text{sen } 45^\circ = 2,830$ Kg
 - Fuerza horizontal: $F_h = T \cos 45^\circ = 2,000$ kg
 - Área de la base = $A = b \times t = 102 \times 25 = 2550$ mm²
 - Distancia de agujero a la base de oreja = $H = 76$ mm
 - Esfuerzo de fluencia del acero ASTM A-36 = 25.36 Kg/mm²
 - Esfuerzo de tracción del acero ASTM A36 = 40.86 Kg/mm²
 - Factor de Diseño = N_d (Categoría B) = 3.0
 - Esfuerzo de flexión permisible = $F_b =$ (Según ASME BTH-1-2014 Eq-3.20)
 - $F_b = \frac{1.25 F_y}{N_d} \dots \dots (1)$
- Reemplazando en (1) $F_b = \frac{1.25(25.36)}{3} = 10.57$

$$\text{Esfuerzo de corte permisible (Eq-3.20)} = F_v = \frac{F_y}{\sqrt{3}N_d} = \frac{(25.36)}{\sqrt{3}(3)} = 4.88 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Esfuerzo de tracción permisible} = F_t = F_y/N_d = \frac{25.36}{3} = 8.45 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Esfuerzo critico a corte y esfuerzo normal} = F_{cr} = \frac{F_y}{N_d} = \frac{25.36}{3} = 8.45 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Módulo de elasticidad} = E = 20,432 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Módulo de sección de la oreja en la base} = S_x = \frac{t \times b^2}{6} = \frac{25 \times 102^2}{6} = 43350 \text{ mm}^3$$

Esfuerzos Actuantes:

- Esfuerzo de flexión

$$\text{Carga en cada oreja} = F_h = 2000 \text{ Kg}$$

$$\text{Momento flector} = M = F \times H = 2000 \times 76 = 152,000 \text{ Kg mm}$$

$$\text{Esfuerzo de flexión actuante} = f_b = \frac{M}{S_x} = \frac{152000}{43350} = 3.51 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Factor de seguridad} = F_s = \frac{F_b}{f_b} = \frac{10.57}{3.51} = 3.01$$

- Esfuerzo de tracción

$$\text{Carga de Tracción} F_v = 2000 \text{ Kg}$$

$$\text{Esfuerzo de tracción actuante} f_t = \frac{F_y}{A} = \frac{2000}{2550} = 0.78 \text{ Kg/mm}^2$$

$$\text{Factor de seguridad} = F_s = \frac{F_t}{f_t} = \frac{8.45}{0.78} = 10.8$$

- Esfuerzo combinado tracción flexión

$$F_{equiv} = \frac{f_t}{F_t} + \frac{f_b}{F_b} < 1 = \frac{0.78}{8.45} + \frac{3.51}{10.57} = 0.422 < 1$$

- Esfuerzo cortante

$$\text{Carga de corte} = F_h = 2000 \text{ Kg}$$

$$\text{Área de corte} = A_v = 2\left[a + \frac{Dp}{2} (1 - \cos\phi)\right]t \dots\dots(1)$$

De donde: $\Phi = 55 \frac{Dp}{dh} = 55 \frac{38}{102} = 20.49 \dots \dots \dots (2)$

Reemplazando (2) en (1): $A_v = 2 [51 + \frac{38}{2} (1 - \cos (20.94))] 25 = 2612.74 \text{ mm}^2$

Carga cortante permisible = Pv

Según Ecuación: $P_v = \frac{0.70F_u}{1.20N_d} A_v = \frac{0.70(40.86)}{1.20(3)} (2550) = 20259.75 \text{ Kg}$

Factor de Seguridad = $\frac{P_v}{F_h} = \frac{20261.75}{2000} = 10.13$

Esfuerzo de corte actuante: $F_c = \frac{F_h}{A_v} = \frac{2000}{2612.74} = 0.78 \text{ Kg/mm}^2$

- Esfuerzo combinado tracción cortante

$f_{cr} \leq F_{cr} = \frac{F_y}{N_d} = \frac{25.36}{3} = 8.5 \text{ Kg/mm}^2$

dónde: $f_{cr} = \sqrt{f_x^2 - f_x f_y + f_y^2 + 3f_v^2} = 4.5 \text{ Kg/mm}^2$

Factor de seguridad = $\frac{F_{cr}}{f_{cr}} = \frac{8.5}{4.5} = 1.88$

- Capacidad por aplastamiento de la oreja

Ancho actual entre borde de agujero y oreja = $b_e = 25.4 \text{ mm}$

Esfuerzo de tracción ultima de ASTM A – 36 = $F_u = 40.9 \text{ Kg/mm}^2$

Factor reducción conexión pin agujero = $C_r = 1 - 0.275 \sqrt{1 - \frac{Dp^2}{Dh^2}}$

Reemplazando = $C_r = 1 - 0.275 \sqrt{1 - \frac{38^2}{102^2}} = 0.84$

Ancho efectivo Ec. 3.47 = $b_{eff} = 4t \leq b_e$, $4t = 4(25.4) = 101.6 \text{ mm}$

Donde Ec. 3.48; $b_{eff} = b_e \times 0.6 \frac{F_u}{F_y} \sqrt{\frac{Dh}{b_e}}$

$$\text{reemplazando: } be_{\text{eff}} = 25.4 \times 0.6 \times \frac{40.9}{25.36} \sqrt{\frac{102}{25.4}} = 34.5 \text{ mm}$$

Fuerza permisible a tensión (Ec. 3.45):

$$P_t = C_r \frac{F_u}{1.2 N d} 2(t) be_{\text{eff}} = 0.84 \frac{40.9}{1.2 (3)} 2(25)(34.5) = 16550 \text{ Kg}$$

Fuerza permisible a la fractura (Ec. 3.49):

$$P_b = C_r \frac{F_u}{1.2 N d} \left[1.13 \left(R - \frac{Dh}{2} \right) + \frac{0.92 be}{1 + be/Dh} \right] t$$

$$\text{reemplazando: } P_b = 0.84 \frac{40.9}{1.2 (3)} \left[1.13 \left(76 - \frac{102}{2} \right) + \frac{0.92 (25.4)}{1 + 25.4/102} \right] 25 = 11547 \text{ Kg}$$

- Cálculo de Soldadura:

Longitud de soldadura, por lados = L = 102 mm

Numero de lados a soldar = N_s = 2

Esfuerzo en Electrodo E7018 = 49.32 Kg/mm

- Por Corte

$$\text{Carga lineal por corte: } wt = \frac{T}{N_s (L)} = \frac{2000}{102(2)}$$

$$\text{Esfuerzo Permisible de soldadura (Ec. 3.55): } F_w = \frac{0.60 E_{xx}}{1.2 N d}$$

$$\text{Reemplazando: } F_w = \frac{0.6 (49.32)}{1.2 (3)} = 8.22 \text{ Kg/mm}$$

Espesor mínimo de soldadura según Tabla 3-3.4.3.1 = 6.0 mm

Resistencia de soldadura, según AISC – Pág. 16.1 – 98

- Se concluye que se utilizará orejas de 25 mm de espesor mínimo ASTM A36, y se aplicará soldadura en ambos lados con cateto de 6 mm.

3.8.11 Montaje de revestimiento lateral o casco.

Para el montaje de las planchas de casco (shell plate, SP), es necesario la instalación de soportes de columnas temporales soldadas sobre las planchas de fondo y una cartela soldada en las columnas externas que soporta el peso de las planchas del primer anillo, se realiza el armado de andamios en el contorno para poder quitar los aparejos de izaje, alinear y apuntalar las planchas laterales, hasta lograr verificar la redondez del tanque con apoyo de topografía, se continua con la soldadura en costuras de las juntas horizontales, verticales y luego las juntas entre el casco y el fondo.

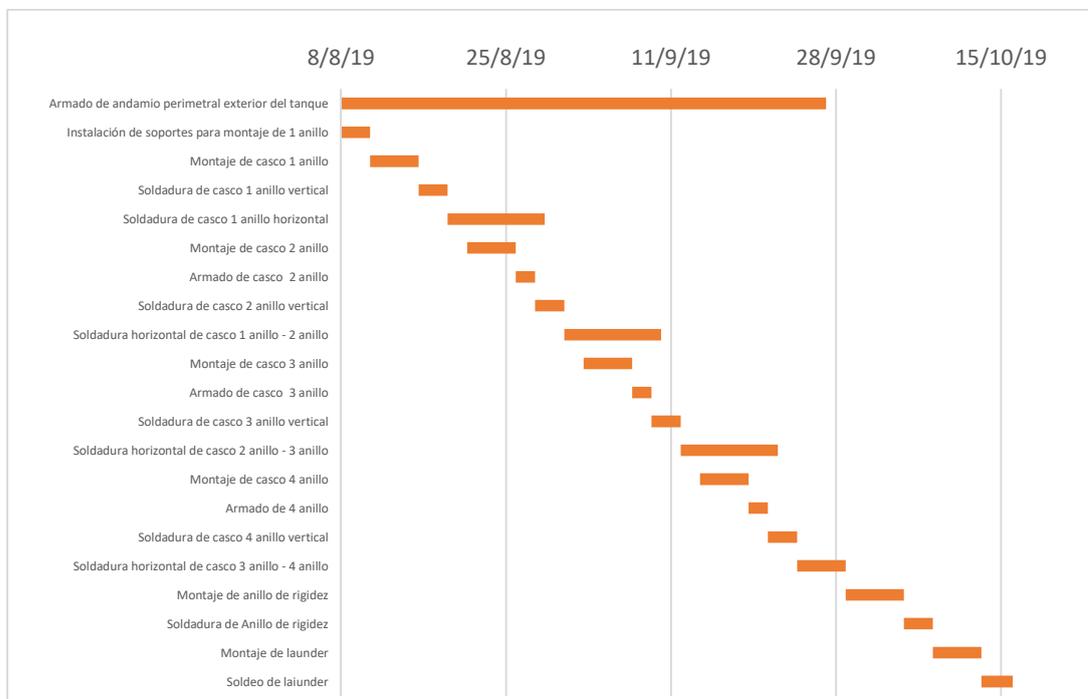


Figura 44. Secuencia de actividades de revestimiento del tanque.

Fuente: Elaboración propia.

Se tienen cuatro niveles de planchas laterales (casco), y cada nivel está compuesto por 11 planchas simétricas y una plancha de cierre esta última es la que contiene una demasía que permite el ajuste de redondez en campo,

Las uniones soldadas se realizan con proceso FCAW, alambre tubular de 1.2 mm de aporte, con gas CO2 para la protección de impurezas, cada junta soldada está sujeta a la

liberación del área de calidad previos ensayos no destructivos; la verificación de redondez con el apoyo de topografía según el manual de instalación de FL Smidth. luego de pasar las pruebas UT y líquidos penetrantes.

Tabla 15. Detalle de elementos de las paredes laterales (casco)

Elemento	Cant.	Peso (Kg)
Plancha de Casco SP1	10	1515.3
Plancha de Casco SP3	11	39313.2
Plancha de Casco SP5	11	11519.8
Plancha de Casco SP7	11	46736.4
Panacha de cierre(SP 2,4,6,8)	4	3827.2
Plancha de refuerzo de puente	1	2549.9
Total	48	105461.8

Fuente: Elaboración Propia

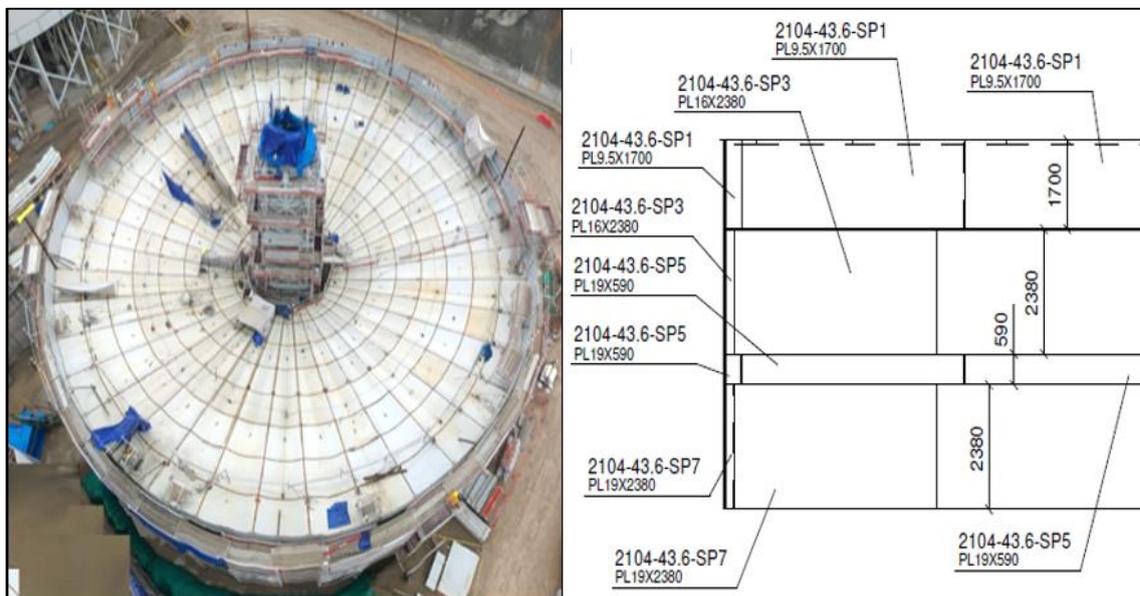


Figura 45. Montaje de Planchas Laterales (Izquierda), detalle de plano (Derecha)

Fuente: Actividades del Proyecto.

3.8.12 Montaje de anillo de rigidez.

Para dar consistencia al revestimiento lateral del tanque, se instala el anillo de rigidez (rim angle, RA), en la parte superior del casco según planos de fabricación y montaje, este

anillo consta de un perfil angular L4x4x1/4” de 23 piezas, los cuales son soldadas en la cúspide alrededor del tanque.

Tabla 16. Detalle de elementos de las paredes laterales (casco)

Elemento	Cant.	Peso (Kg)
Anillo de Rigidez (RA)	23	1333.1
Total	23	1333.1

Fuente: Elaboracion Propia

3.8.13 Montaje de launder.

El (launder, LA), consta de un canal perimétrico en la parte superior interna del tanque que tiene como función la recuperación de aguas claras por rebose libres de sedimentos de relave hacia otro tanque (Tk-114) el cual es de aguas recuperadas que son bombeadas nuevamente al proceso. Este canal de 0.8 m de ancho y 0.836 m de alto, tiene soportes tipo cartela en la parte inferior y un perfil angular en la parte superior los cuales van soldados a la pared lateral del tanque ofreciendo resistencia al canal launder que está compuesto por 12 piezas y 129 soportes.

Tabla 17. Detalle de elementos de las paredes laterales (casco)

Elemento	Cant.	Peso (Kg)
Launder (LA)	12	11097.5
Soporte angulo Launder(LB)	65	510.3
Soporte plancha Launder (LP)	64	1601.9
Total	141	13209.7

Fuente: Elaboracion Propia

3.8.14 Montaje de mecanismo hidráulico (drive)

La instalación del drive se realiza sobre la columna central y soporta directamente la estructura de la jaula ya que su función es de transmitir la fuerza de los 6 motores hidráulicos hacia la jaula central y esta a su vez a las (long rake arm, RAL) para que se genere el arrastre. Cuenta con una unidad hidráulica de 150 hp que genera una presión de 2995 psi. El izaje se

realizó con la grúa telescópica Terex de 140 tn, debido al peso que se especifica en la tabla esta no necesita de un rigging plan.

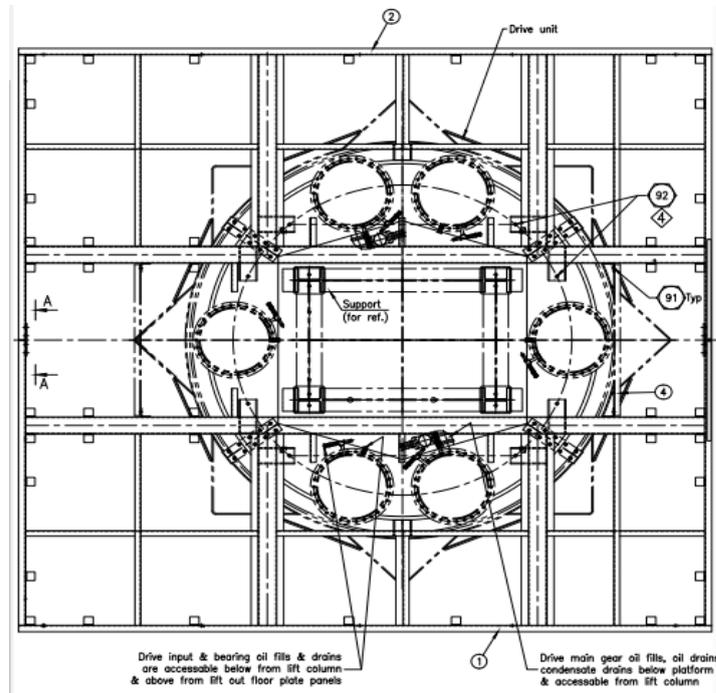


Figura 46. Disposición del mecanismo Drive sobre la jaula central.

Fuente: Manual de instalación y operación Flsmidth.

3.8.15 Montaje de Puente.

El acceso al centro del tanque para el mantenimiento y actividades operacionales se realiza mediante una estructura que esta soportada entre la columna central y dos soportes en el revestimiento lateral.

El puente, para fines de traslado hacia la obra es enviado en 3 partes los cuales son ensamblados en campo antes del izaje a su posición final, También se instalan las barandas y planchas estriadas facilitando la instalación en piso, para desarrollar el montaje del puente se realiza un rigging plan debido a las condiciones que se tienen.

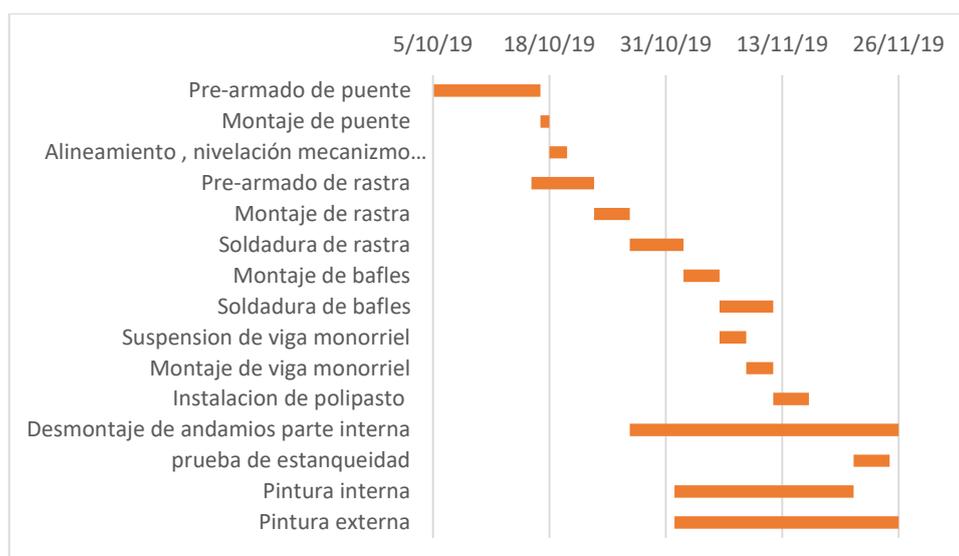


Figura 47. Cronograma de montaje de mecanismo del tanque.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18, se detalla los elementos que conforman la estructura del puente, estos elementos son ensamblados en puente, juntamente con las barandas y plancha estriada de piso, se realiza los protocolos de liberación de torque y soldadura para proceder con el izaje a su posición final.

Tabla 18. Detalle de los elementos que conforman la estructura del puente

Elemento	Cant.	Peso (Kg)
Enrejado (WE5) Soporte S.	1	2723.19
Enrejado (WE6) Soporte	1	3303.78
Enrejado (WE1) Puente	1	4961.34
Enrejado (WE2) Puente	1	5588.66
Enrejado (WE3) Lateral	1	394.27
Enrejado (WE4) Lateral	1	394.27
Total	6	17365.51

Fuente: Elaboración propia.

El izaje se desarrolla con una grúa telescópica de 350 tn de capacidad de la empresa Vivargo, para realizar el montaje esta fue operada al 85% de su capacidad según muestra la figura 48, donde se representa la tabla de carga.

85%

T
--

046507 02.02

m > t

CODE >0007<

T180.50205

	35,2	35,2	40,3	40,3	45,3	40,3	40,3	45,3	50,4	35,2	35,2	40,3	40,3	45,3
3,0														
3,5														
4,0														
4,5														
5,0														
6,0	59,4	59,4								37,1	47,9			
7,0	56,7	56,7	57,6	57,6			42,5	63,5		34,1	45,4	45,0	45,0	
8,0	52,6	52,6	54,0	54,0	53,4		40,5	59,4		32,7	41,8	42,2	42,2	41,9
9,0	49,0	49,0	50,8	50,8	51,0		38,7	55,4	52,8	33,6	31,4	38,6	39,5	39,5
10,0	45,8	45,8	47,8	47,8	48,6		37,0	51,8	50,5	31,9	30,3	35,9	37,0	37,8
11,0	42,9	42,9	45,2	45,2	46,2		34,7	48,5	48,0	30,4	29,2	33,3	34,8	35,8
12,0	40,5	40,5	42,7	42,7	44,0		33,1	45,3	45,6	29,1	28,2	31,3	32,8	34,0
13,0	38,2	38,2	40,5	40,5	42,0		31,8	42,5	43,3	27,8	27,2	29,3	31,0	32,3
14,0	36,0	36,0	38,6	38,6	40,0		30,7	40,1	41,0	26,6	26,4	27,4	29,5	30,7
16,0	32,6	32,6	35,0	35,0	36,9		28,6	35,4	37,2	24,2	24,4	24,4	26,5	28,0
18,0	29,7	29,7	32,1	32,1	33,9		26,9	31,8	33,7	21,6	22,0	22,0	24,1	25,6
20,0	27,1	27,1	29,6	29,6	31,5		25,3	28,7	30,8	20,0	19,8	19,8	22,0	23,6
22,0	25,1	25,1	27,5	27,5	29,2		22,9	26,0	28,1	18,7	18,2	18,2	20,3	21,8
26,0	21,7	21,7	24,0	24,0	25,8		18,6	21,7	24,0	16,4	15,4	15,4	17,4	18,9
28,0	20,4	20,4	22,6	22,6	24,3		15,6	20,0	22,4	14,1	14,3	14,3	16,2	17,8
30,0	19,3	19,3	21,3	21,3	23,1		13,1	18,5	20,8	11,6	13,3	13,3	15,1	16,7
32,0	18,4	18,4	20,2	20,2	21,9		11,0	17,2	19,4	9,6	12,3	12,5	14,1	15,8
34,0			19,3	19,3	20,9		9,1	16,0	18,1	7,9			13,2	14,9
36,0			18,5	18,5	20,0		7,4	15,0	16,9	6,4			12,5	14,0
38,0			14,0	14,0	19,1		5,5	12,5	15,9	5,1			11,9	13,3
40,0					17,7				14,9	3,9				12,7
42,0					14,7				13,6	2,9				12,2
44,0										1,9				
46,0														
48,0														
50,0														
52,0														
54,0														
* n *	5	5	5	5	5	4	6	5	3	4	4	4	4	4
1	0+	0+	0+	0-	46-	0+	0-	46-	92-	0+	0+	0+	0+	0+
2	0+	0-	46-	46+	46+	92-	92+	92+	92+	0+	0+	0+	0-	46-
3	46-	46+	46+	46+	46+	46+	46+	46+	46+	0+	0-	46-	46+	46+
4	46+	46+	46+	46+	46+	46+	46+	46+	46+	92-	92+	92+	92+	92+
5	92+	92+	92+	92+	92+	46+	46+	46+	46+	92+	92+	92+	92+	92+
%														
m/s	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6	8,6

T

--

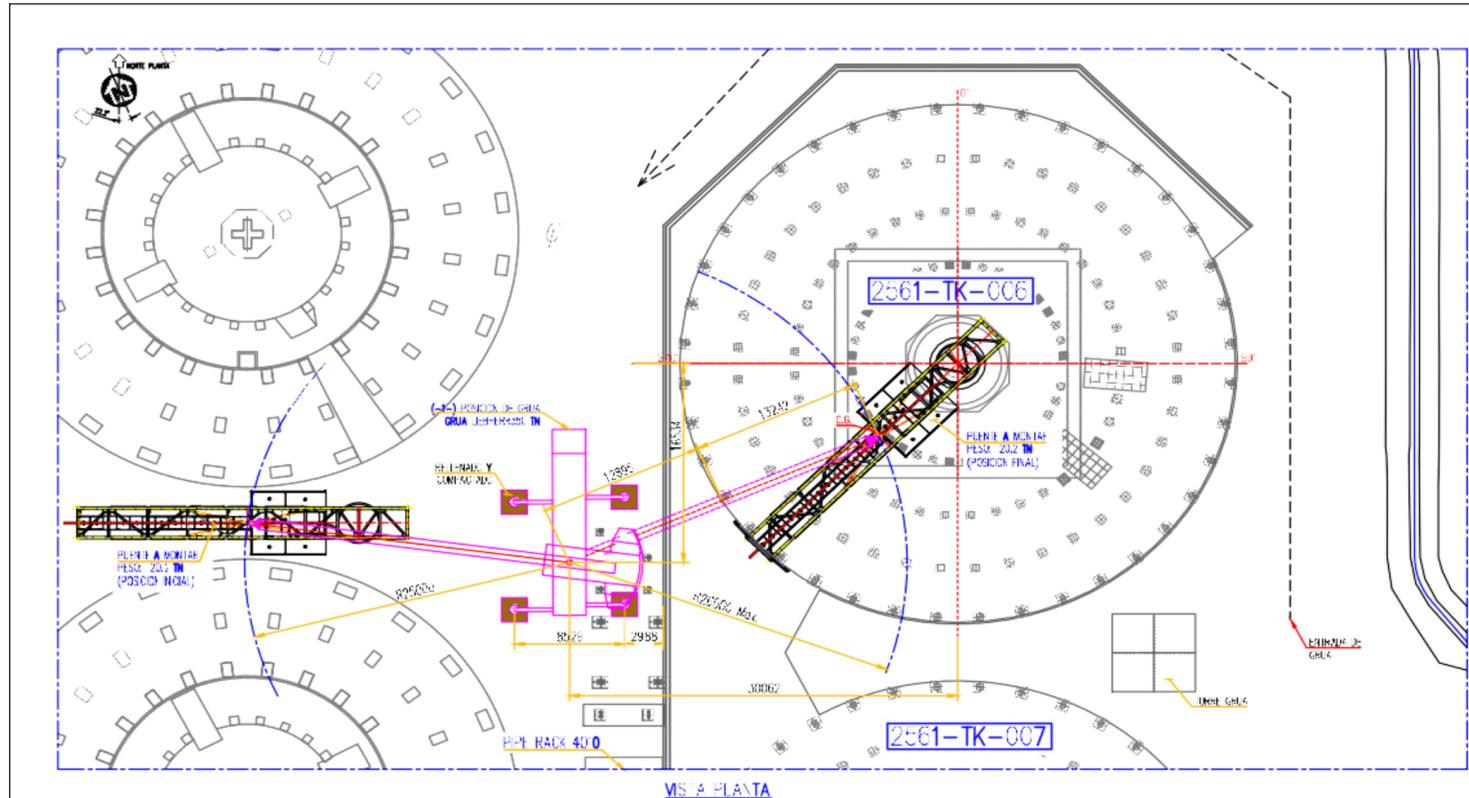
8.90 x
8.53
m

II 806

Figura 48. Tabla de carga de grúa de 350 tn.
Fuente: Manual de operación de grúa de 350 tn grupo Vivargo.

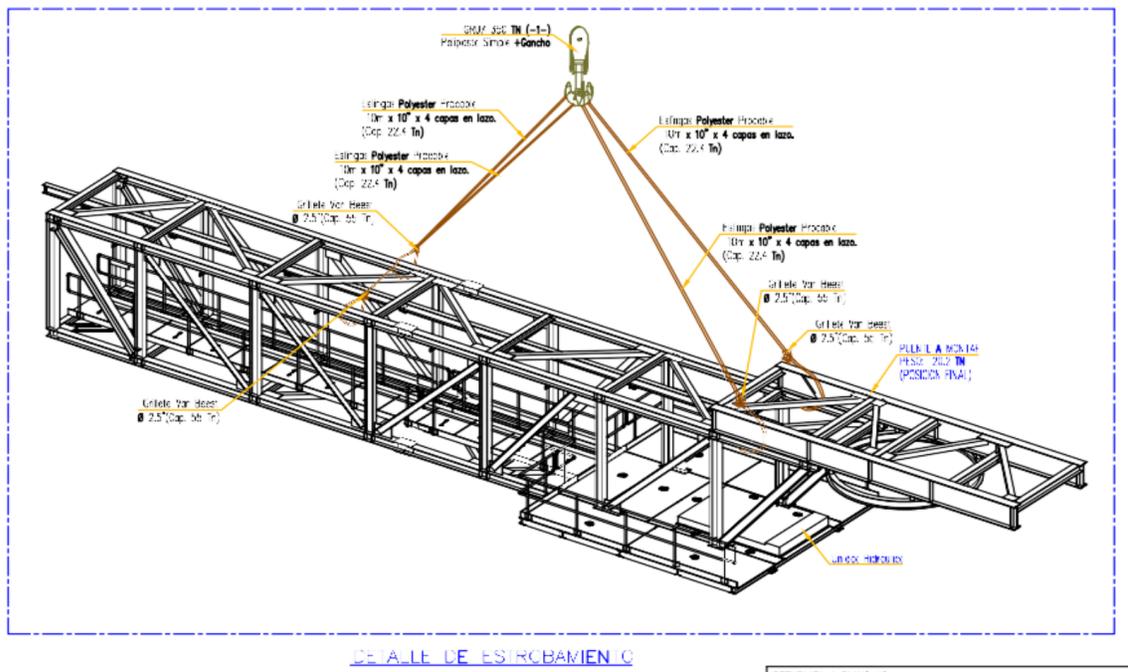
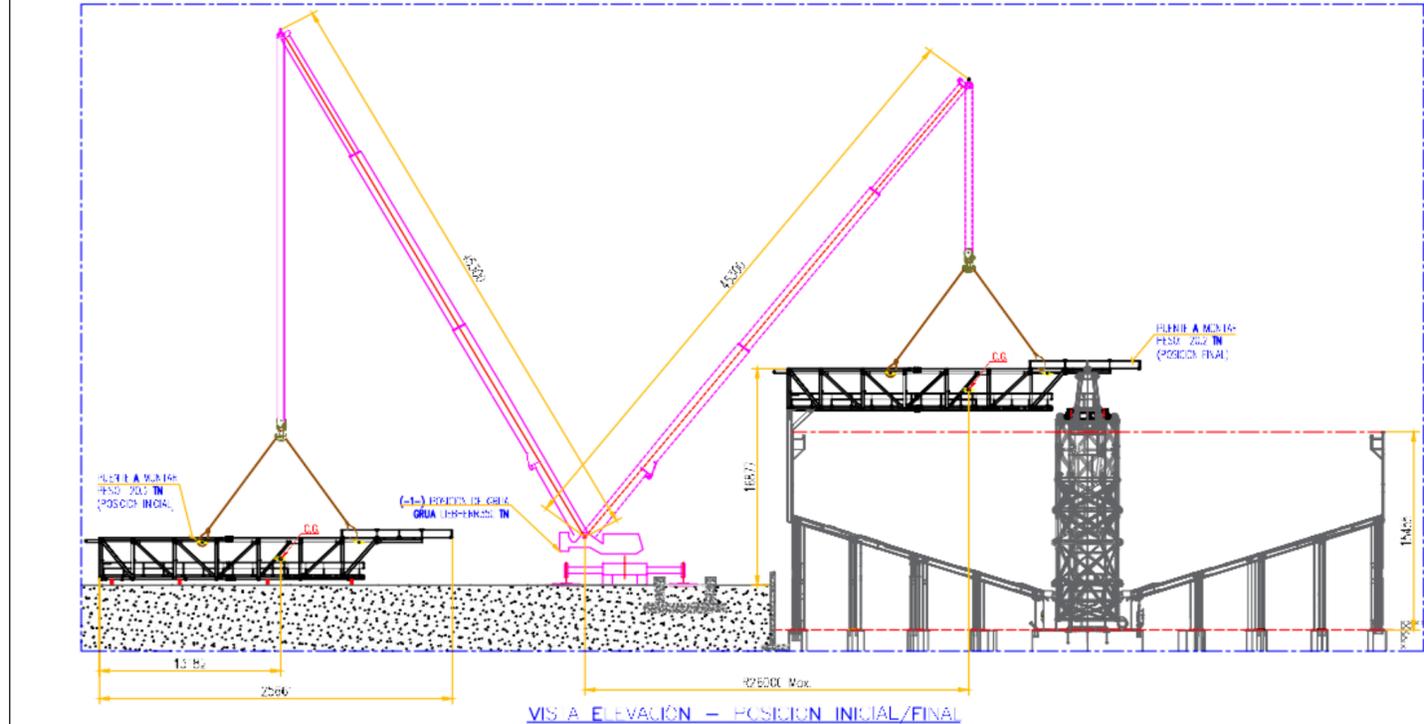
3.8.16 Rigging plan del montaje de puente de acceso a TK-006.

La magnitud del izaje y su criticidad implica la realización de un rigging plan, esta actividad se realiza con la grúa de 350 tn, debido al peso del puente y los accesorios de izaje que superan las 22 tn de carga. La representación de los detalles de la maniobra; las distancias, recursos, pesos, datos de la grúa, maniobras se muestran en la figura 49, diagrama de montaje del puente.



DETALLE DE LA MANIOBRA

I.- PESOS DEL EQUIPO A IZAR			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO (Kg)	
SUPERSTRUCTURE ESP . 2561-TK-006 (Medidas 25 x 5.2 x 3.8m)	1.0	20,200.00	
TOTAL		20,200.00	
II.- PESOS DE ELEMENTOS DE IZAJE GRÚA N° 1 - TEREX Cap.: 350Ton.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO (Kg)	
Eslinga Polyester Procable 10 m x 10" x 4 capas (Lazo).	4.0	80.00	
Grillele Van Beest Ø 2.5	4.0	152.00	
TOTAL		232.00	
III.- PESOS DE ELEMENTOS DE IZAJE GRÚA N° 1 - TEREX Cap.: 350 Ton.			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PESO (Kg)	
Polipasto simple + Gancho	1.0	2,200.00	
Cables Ø 23 mm x 4 línea	1.0	300.00	
TOTAL		2,500.00	
C. INICIAL II + III	2.732 TN	C. FINAL I + II + III	22.93 TN
DATOS GRÚA N° 01: -TEREX Cap.: 350 Ton.			
	INICIO	FINAL	
Pluma	45.30 m	Pluma	45.30 m
Radio	26.00 m	Radio	26.00 m
Contrapeso de Grúa	100.00 TN	Contrapeso de Grúa	100.00 TN
Capacidad de Carga	25.80 TN	Capacidad de Carga	25.80 TN
Carga Total (Bruto)	22.93 TN	Carga Total (Bruto)	22.93 TN
% CAPACIDAD	88.88%	% CAPACIDAD	88.88%



1. TODAS LAS DIMENSIONES ESTAN EN MILIMETROS

NOTA: REV. DESCRIPCION

POS.	NOMBRE	FECHA
DESARROLADO	A.M.C.	11/1/2009
DIBUJADO	A.M.C.	11/1/2009
REVISADO	C.C.P.	11/1/2009
APROBADO	A.N.	11/1/2009

REEMPLAZA A PLANO N°: --

PROYECTO: P2 10 ORDEN DE COMPRA N°: --

haug

MECANICA

MONTEAJE SUPERSTRUCTURE (PUENTE) / 2561-TK-006

PLANO N°: CC 02-001-PI-M-044 REV: B

Figura 49. Rigging plan de montaje de puente.
Fuente: Documentos del proyecto

3.8.17 Montaje de la unidad hidráulica.

La unidad hidráulica posee dos motores eléctricos, uno en operación y el otro en stand by, el cual acciona una bomba hidráulica, esta bomba alimenta al circuito del motor hidráulico este realiza el giro de las rastras y la bomba posterior alimenta al circuito del cilindro hidráulico que se encargan de levantar y bajar las rastras. El montaje de este equipo es realizado por la grúa telescópica Liebherr de 350 tn, debido a que va instalado en la plataforma del puente y se aprovecha esta grúa después de haber realizado la maniobra del montaje del puente.

Tabla 19. Especificación técnica de la unidad hidráulica

Especificaciones	
Peso Seco	2500 Kg
Motor Electrico	150 Hp/380 V/60 Hz
Heater	120 V/ 1.5 KW
Velocidad de Rastra	0.075 RPM
Bomba Hidráulica	Tipo Axial 68.3 GPM @ 2995 psi.
Tanque Reserva de Aceite	250 Gln

Fuente: Documentación del proyecto

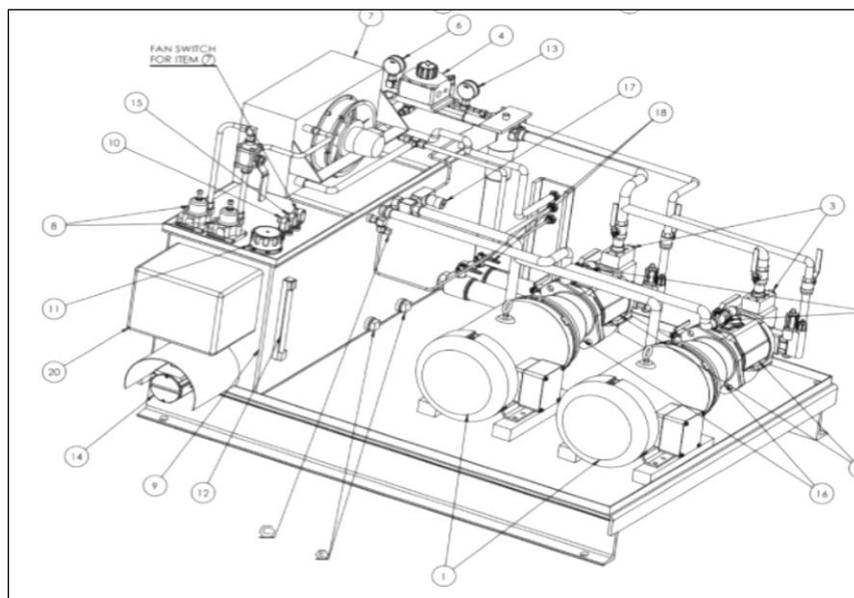


Figura 50. Unidad Hidráulica.

Fuente: Manual FL Smith.

3.8.18 Montaje de Rastras.

Para la instalación de las rastras (rake arm short, RAL), se realiza el izaje con la grúa torre, luego se realiza la nivelación de la base de las rastras con apoyo topográfico realizando el apuntalamiento de estas en los injertos de la jaula central, se procede a soldar el primer tramo de la base de las rastras largas y cortas en los injertos considerando los alineamientos y niveles, seguidamente se procede a empalmar los brazos superiores, en las cuatro rastras, y finalmente se completa las rastras largas juntamente con sus tensores.

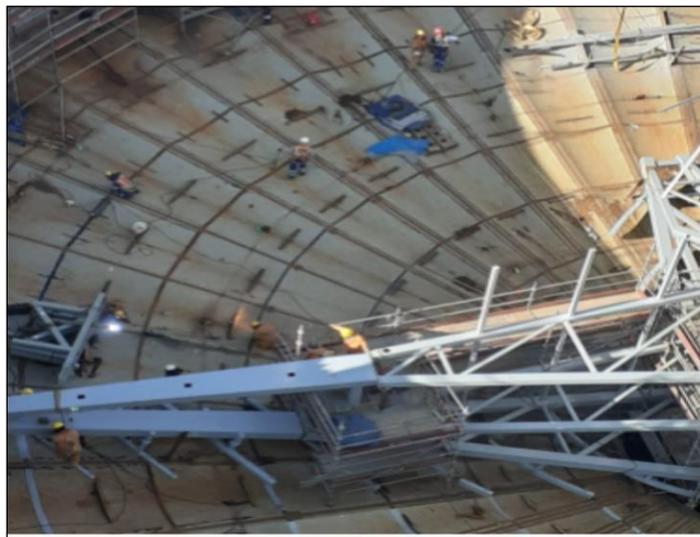


Figura 51. Instalación de rastras largas.

Fuente: Elaboración propia.

3.8.19 Montaje de feed pipe - feed well.

El ingreso del fluido al tanque espesador se da a través de una tubería de 36" de diámetro de clase F-F – 150 (unión bridada), llamado también feed pipe, para que seguidamente se comunique con el feedwell el cual consta de un canal recto y otro en forma de caracol soportado del puente en la parte central del tanque el cual permite reducir la velocidad del fluido y distribuir de manera uniforme el caudal en el centro del tanque, esta línea de ingreso surge del cajón distribuidor D-001, ubicado a la salida del área de flotación desde el cual reparte el fluido con alto contenido de relaves hacia los tanques de sedimentación. El montaje se realiza con el armado de andamios colgantes que permiten la instalación de soportes que son emperrados en

la base del puente para luego proceder a realizar el montaje de los tramos de tuberías y canales con apoyo de la grúa torre.



Figura 52. Feed pipe – feedwell, ingreso del fluido al tanque

Fuente: Elaboración propia

3.8.20 Pintura.

Según los requerimientos de especificación técnica aplicada al proyecto A8TO-K-CC-105: Contrato de construcción vertical de estructuras en el área de espesadores. Para el touch up o resane se realiza una preparación de la superficie sobre el substrato (material base sobre el cual se aplica el recubrimiento), eliminando contaminantes visibles y no visibles.

Se usó el sistema P2 en la zona interior (puente, feed system, feed pipe, vigas, columnas), con una preparación superficial de SP3 que consiste en una limpieza mecánica muy minuciosa dejando el metal con una superficie rugosa y brillo metálico.

El sistema P7 en las zonas sumergidas, se usó una preparación superficial SP11, que consiste en la eliminación de óxidos y pinturas mediante herramientas eléctricas.

El perfil de rugosidad de la superficie debe ser un mínimo de 25 micrómetros, según lo medido de acuerdo con el método C de ASTM D 4417.

Los espesores del sistema P2 son:

Capa	Producto	Espesor
1ra Capa	Macroepoxy 581HS /RAL 7001	4 mils
2da Capa	Macroepoxy 581HS /RAL 7001	4 mils
	Total	8 mils

Los espesores del sistema P7 son:

Capa	Producto	Espesor
1ra Capa	Duraplate UHS TS / RAL 7001	4 mils
2da Capa	Duraplate UHS TS / RAL 7001	4 mils
	Total	8 mils

Durante los trabajos de touch up se debe realizar la medición de condiciones ambientales, tomando como referencia la norma ASTM E337 – 02 y lo requerido en la especificación, se debe tener presente las siguientes condiciones ambientales:

- % Humedad Relativa < 85.0
- T ° superficie < 45.0 ° C
- T ° superficie – T ° rocío > 3.0 ° C

Estos parámetros deben de ser controlados antes de iniciar los trabajos de aplicación de pintura.

3.8.21 Aplicación de grout en columna central y perimétricas.

Alrededor de la base de la columna central se instaló Grout (sikagrout 212), con la finalidad de sellar y proteger los pernos de anclaje de la columna central, esto se realiza retirando la pintura de la columna para que tenga una mayor fijación al metal según indicaciones de plano vendor. En las columnas perimetrales, bases de equipos y soportes con anclaje se realiza un escarificado del concreto en los pedestales para luego saturar la superficie por un lapso de 24 hrs, se realiza el encofrado con materiales no absorbentes como el fenólico para luego verter la mezcla de grout cementicio y finalmente debido a las condiciones climáticas se instala un microclima temporal con apoyo de andamios, lámparas incandescentes y una manta ignífuga con la intención de mantener una temperatura adecuada durante la fragua.

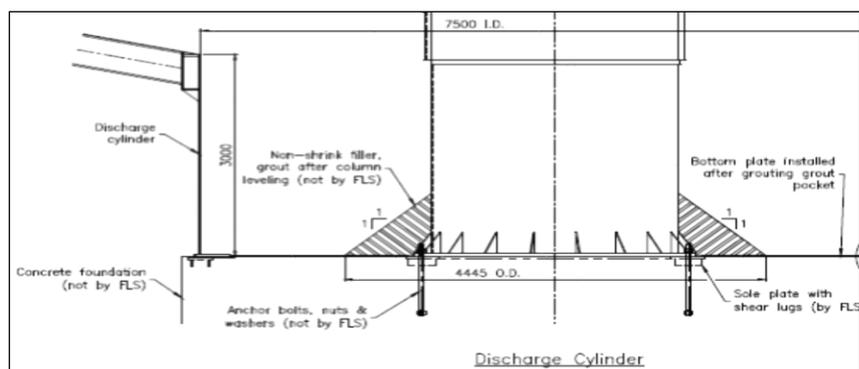


Figura 53. Aplicación de grout en columna central

Fuente: Documentos del Proyecto

3.9 Condiciones de término del montaje estructural del tanque espesador.

El peso total de los elementos estructurales montados en la construcción del tanque espesador tiene un total de 743,394.5 kg. De donde se tuvo en la estructura de soporte 391,364.4 Kg. En el revestimiento del tanque 234,730.4 Kg. En el mecanismo (estructura y equipo), se realizó el montaje de 117,299.75 Kg. En soldadura se tuvo una longitud de cordón se soldadura de 18.7 km o su equivalente a 6.8 Tn de aporte.

Tabla 200. Pesos según clasificación de los elementos del tanque.

Clasificación de estructura	Elemento	Cant.	Peso (Kg)
Soporte	Columnas	156	175798.1
	Bracing strut Arriostres	152	61891.8
	Elementos de soporte	237	6937
	Cilindro central	2	22425.45
	Viga Radial	80	124312
Revestimiento	Plancha de fondo	320	95378.8
	Plancha lateral	48	105461.8
	Launer	141	13209.7
	Feed Well Feed pipe	13	14631
	Elementos de soporte	155	4716
	Anillo de Rigidez	23	1333.1
Mecanismo	Jaula central	5	23117.84
	Mecanismo Drive	1	37371
	Unidad Hidráulica	1	2500
	Montaje de Rastras	19	25252.9
	Puente	6	17365.51
	Soporte monorriel	87	8162.1
	piso, barandas	19	3530.4
Total		1465.0	743394.5

Fuente: Elaboración Propia

3.9.1 Prueba de Estanqueidad y asentamiento.

Esta se realizó con agua limpia efluente del sistema contra incendio de la unidad minera y bombeada desde la planta de tratamiento de aguas, planta kingsmil, instalando un circuito de ingreso con manguera alma de acero de 6 pulgadas sujeta en las plataformas de andamio hasta alcanzar la parte superior del tanque y desde ese punto iniciar con el llenado del espesador, para verificar la integridad de las uniones soldadas que conforman el cuerpo del mismo y el asentamiento que se pudo haber suscitado por la carga puesta al tanque, el nivel de agua a llenar según diseño es hasta antes de rebosar al canal launder, esta prueba se realizó a presión atmosférica, siendo satisfactoria al no detectar fugas en las uniones soldadas y el asentamiento fue de 2 mm estando dentro de las tolerancias impuestas por el vendor.

El Asentamiento es la diferencia entre la medición del nivel de fondo del tanque antes de ser llenado con agua y la medición por control topográfico del nivel sobre un mismo punto de referencia, con respecto de la medición 24 horas después de ser llenado completamente.

Según el manual de instalación, operación y mantenimiento de FLSmitdh, el espesador debe de ser llenado lentamente con agua observando de cerca cualquier fuga o anomalía estructural. Se tomarán medidas de asentamiento al inicio (antes del llenado del espesador) y 24 horas después de haber culminado el llenado del mismo. Para el control del asentamiento, la medición se realizará en las columnas exteriores e interiores del espesador y 0.3 m sobre el asiento de la columna de manera circunferencial cada 18 grados, un asentamiento mayor de 13 mm en 10 m de circunferencia deberá informarse al comprador para su evaluación y toma de decisión correspondiente.

En la siguiente tabla se precisa los datos de la inspección de asentamiento realizada por topografía a el tanque de relaves, se muestra la lectura de la base de las columnas con los pedestales y a su vez el punto BM de medición de asentamiento se encuentra a 30 cm encima de la base, se toman las mediciones cuando el tanque está vacío y luego de 24 horas de haberse

llenado en su totalidad. El máximo asentamiento obtenido es de 0.004 m en la columna ubicada a 292.5° y el mínimo es de 0.001 m en la columna ubicada a 94.5°. Los datos que se tienen se encuentran dentro de las tolerancias permitidas por el fabricante.



Figura 54. Prueba de Estanqueidad.

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 21. Lecturas topográficas del asentamiento del tanque.

Registro de asentamiento del tanque						
Item	Abscisa (Grados)	COTAS			Asentamiento (m)	Diferencial Z(i)
		Base (m)	Nivel 0% (m) Vacio	Nivel 100% (m)		
1	4.5	4503.898	4504.198	4504.196	-0.002	-0.0041
2	22.5	4503.902	4504.202	4504.199	-0.003	-0.0012
3	40.5	4503.901	4504.201	4504.198	-0.003	-0.0021
4	58.5	4503.903	4504.203	4504.201	-0.002	0.0009
5	76.5	4503.897	4504.197	4504.195	-0.002	-0.0051
6	94.5	4503.894	4504.194	4504.193	-0.001	-0.0071
7	112.5	4503.897	4504.197	4504.195	-0.002	-0.0051
8	130.5	4503.896	4504.196	4504.196	0.000	-0.0041
9	148.5	4503.898	4504.198	4504.196	-0.002	-0.0041
10	166.5	4503.904	4504.204	4504.201	-0.003	0.0009
11	184.5	4503.900	4504.200	4504.198	-0.002	-0.0021
12	202.5	4503.901	4504.201	4504.198	-0.003	-0.0021
13	220.5	4503.903	4504.203	4504.201	-0.002	0.0009
14	238.5	4503.897	4504.197	4504.196	-0.001	-0.0041

15	256.5	4503.904	4504.204	4504.202	-0.002	0.0019
16	274.5	4503.904	4504.204	4504.202	-0.002	0.0019
17	292.5	4503.903	4504.203	4504.199	-0.004	-0.0012
18	310.5	4503.900	4504.200	4504.196	-0.004	-0.0041
19	328.5	4503.900	4504.200	4504.197	-0.003	-0.0031
20	346.5	4503.901	4504.201	4504.198	-0.003	-0.0021
Promedio de las lecturas en vacío			4504.200			
Promedio de las lecturas lleno			4504.198			
Promedio del asentamiento			-0.002			

Fuente: Documentación del proyecto.

3.9.2 Entrega de obra a Precom

El pre comisionado de los equipos en el proyecto está a cargo de la empresa Mainin, el cual inicia actividades luego de que se entregan los protocolos del área de calidad de la empresa constructora (Haug SA). El pre comisionado es la verificación y prueba de funcionamiento de los equipos presentes, sea el caso la unidad hidráulica y las bombas de pulpa.

3.10 Control de avances.

Existen ratios que miden la cantidad de horas que deben ser usadas para el montaje de las estructuras; sin embargo, se debe tener en cuenta que hay una serie de pasos o actividades que hacen posible el montaje. Estas actividades han sido valorizadas a un cierto porcentaje de la cantidad de peso de la estructura, es decir, para llevar el control de avance del montaje de estructura y poder realizar las valorizaciones mensuales considerando los avances que se obtienen, es necesario conocer los conceptos de peso bruto y peso ponderado.

- a) **Peso Bruto:** Es el peso real del elemento el cual se considera para cálculos de izaje mas no para los reportes de montaje, por ejemplo, si una columna pesa 2.0 toneladas, el peso bruto de esta serán las 2.0 toneladas
- b) **Peso Ponderado:** Es el peso del elemento por cada quiebre de acuerdo a lo indicado por el área de control de proyectos, los quiebres que se utilizan en el Proyecto de expansión de minera Chinalco son los que se muestran en la tabla 22.

Tabla 22. Cuadro de distribución de peso ponderado

5%	55%	10%	10%	10%	5%	5%
Transporte acumulado (tn)	Instalación (tn)	Alineación	Soldadura	Pintura resanes	Prueba estanqueidad	Liberación de calidad

Fuente: Elaboración propia

Se concluye de este cuadro que una estructura de 2.0 toneladas que se traslada desde los almacenes hasta obra, se instala y se alinea en sitio. Estas actividades ya tienen un peso ganado del 70% con respecto del peso bruto de tal estructura, entonces solo se puede reportar 1.4 toneladas para el control de avances.

3.10.1 Análisis de ratios en el montaje de estructura.

En el desarrollo de las actividades de montaje de estructura se debe tener en cuenta los ratios considerados y los indicadores que miden la eficiencia de la actividad. Para el montaje de estructuras se ha considerado las siguientes ratios:

- Ratio original: Son las H-H (Horas hombre) entre unidad de avance (toneladas montadas) que fue estimado en el presupuesto del proyecto.
- Ratio meta: Es el ratio que el proyecto establece para la construcción, este ratio debería ser menor o igual al ratio original, ya que se considera un margen de horas ganadas.
- Ratio acumulada: Es el ratio real obtenido, es decir, H-H (horas hombre consumidas) entre avance real de tonelaje de estructura montada.
- Ratio proyectado para el saldo: Es la cantidad de H-H que se tiene de saldo entre el saldo real de tonelaje de estructura pendiente por montar.

Para establecer las ratios del proyecto, se debe clasificar el tipo de estructura de acuerdo al peso en kilogramos por metro y de la secuencia del montaje, así tenemos: estructura de soporte, estructura de revestimiento y elementos del mecanismo. A cada una le corresponde un ratio de montaje distinto.

3.10.2 Indicadores del comportamiento de tiempo en la construcción del proyecto.

El comportamiento del avance de un proyecto en función del tiempo nos muestra una variabilidad de indicadores, la posibilidad de predecir el éxito o fracaso en el plazo de construcción. Los principales indicadores usados en el proyecto de expansión fueron:

- PPC: El Porcentaje de Plan Completado, es un indicador de avance muy importante para el Sistema Last Planner, que tiene como objetivo medir en cada período de corto plazo de forma cuantitativa el nivel de cumplimiento del proceso de planificación semanal. El PPC cumple la función de indicar de forma porcentual la confiabilidad que se tiene de la planificación semanal, siendo muy útil para llevar un control de la evolución de la implementación del sistema. Se calcula como la razón entre el “número de compromisos completados” y el “número de compromisos totales”.

$$PPC [\%] = \frac{\text{N}^\circ \text{ de Compromisos Completados}}{\text{N}^\circ \text{ de Compromisos}} \times 100$$

Donde a cada compromiso se le asigna un número binario:

- 0: El compromiso no fue completado en su totalidad.
 - 1: El compromiso fue completado en su totalidad.
- Índice de productividad (IP) por semana: Es el reporte de las horas de trabajo, avances en montaje y productividad (ratios).
 - Performance (PF): Este es el indicador más importante del proyecto, el cual nos indica cómo vamos en el proyecto, se obtiene de: $PF = \frac{HH \text{ ganadas}}{HH \text{ gastadas}}$
 - $PF = 1$; Nos indica que se han consumido las horas presupuestadas.

- $PF > 1$; Nos indica que se han consumido menos horas de las presupuestadas, por lo tanto, se es más eficiente en el montaje.
- $PF < 1$; Nos indica que se han consumido más horas de las presupuestadas.
- H-H ganadas a la fecha: Es el total de horas que son estimadas con el ratio meta considerando el avance actual del montaje.
- H-H gastadas a la fecha: Es el total de horas reales que han sido consumidas hasta el momento considerando el avance actual.

3.10.3 Curvas de avance.

La curva de avance es una representación gráfica del avance acumulado del proyecto en función del tiempo y sirve para comparar el avance real con el avance esperado. La curva puede representar diferentes tipos de avance acumulado (costo, HH, etc). Por lo general se ilustra como un gráfico “% acumulado vs tiempo”. El uso de las Curvas S como herramienta de Control de Avance genera los siguientes beneficios:

- Realizar un seguimiento del avance acumulado real del proyecto.
- Identificar si es que el proyecto se encuentra “adelantado” o “retrasado” según lo esperado.
- Analizar tendencias de comportamiento del proyecto.
- Realizar toma de decisiones preventivas y/o correctivas.
- Para que las Curvas S cumplan su objetivo, es fundamental que exista coordinación en el control de avance y plazos. Para lograrlo, el orden de ejecución de las actividades debe ser lo más cercano a la planificación esperada, ya que sólo de esta forma se podrá realizar comparaciones confiables. A continuación, se muestra la curva de Avance Programada.

Cada coordenada (t, % *avance acumulado*) se calcula de la siguiente forma:

$$\% \text{avance acumulado} = \sum K_i \cdot A_{it} \cdot n_i$$

Dónde:

t: Fecha.

i: Tarea 1...n de la Planificación Inicial.

K_i : Ponderador de la actividad “i”.

A_{it} : % de avance teórico según la Planificación, para la actividad “i” en el tiempo “t”.

Conforme a las actividades ejecutadas en el proyecto y el periodo de realización se obtuvo el siguiente gráfico de la curva S, ver figura 55. Donde se aprecia en línea roja el planeamiento según la línea base de actividades planificadas y en línea azul se encuentra el avance real de los trabajos realizados en la construcción del montaje del tanque espesador. Mostrando el porcentaje de avance para el periodo de ejecución. En la gráfica se visualiza un pequeño quiebre en cumplimientos en el mes de setiembre donde se suscitó un retraso de cerrar las planchas de fondo debido a la demora en la entrega de la jaula central y mecanismo que por motivos de capacidad y disponibilidad de grúa para poder realizar la instalación de los elementos en mención se realizó un trabajo adicional al desmontar columnas, desmontar planchas de fondo, compactar terreno y poder realizar el montaje con una grúa de menor capacidad, trayendo consigo impactos en el cumplimiento y secuencia de las actividades.

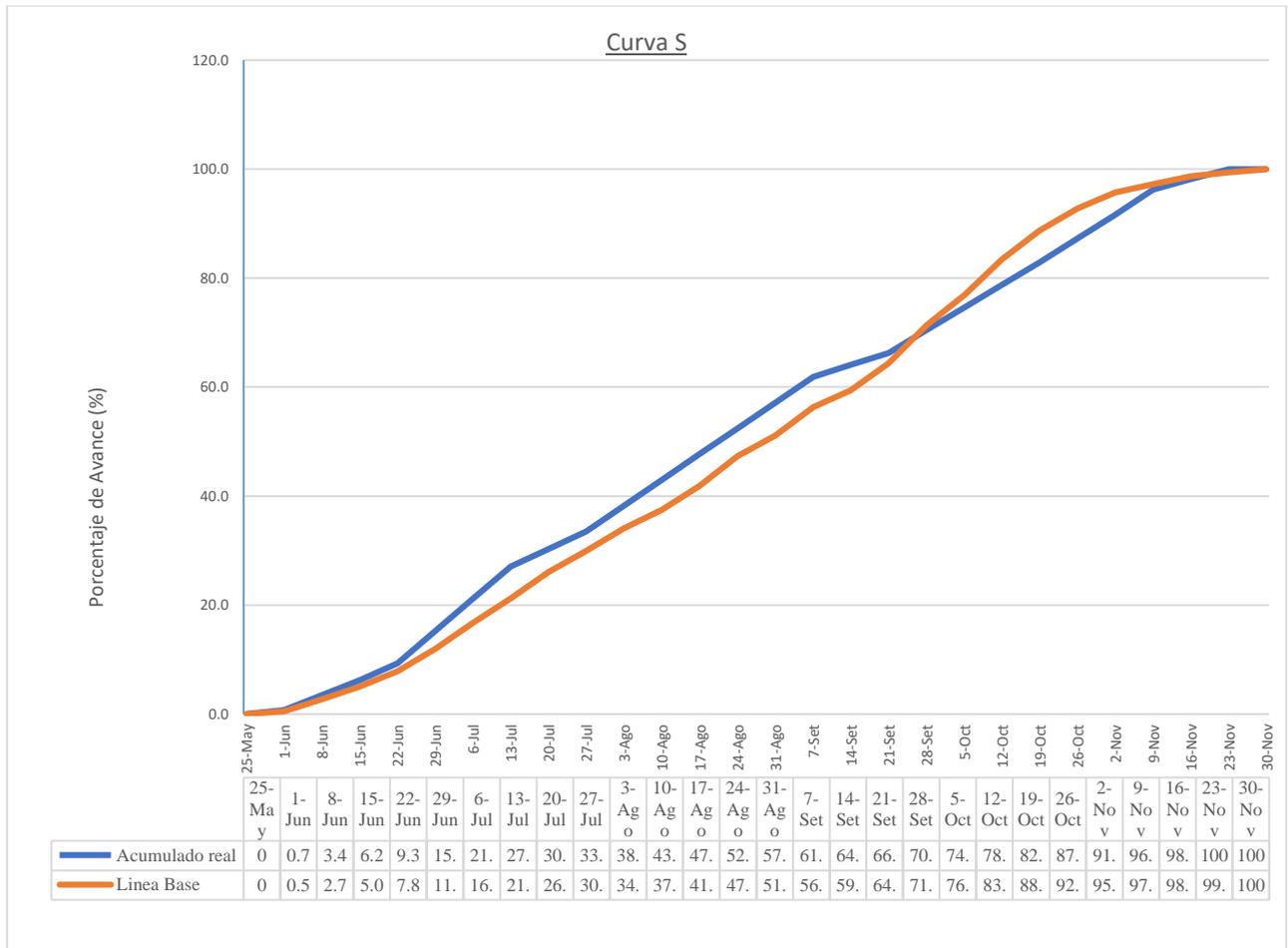


Figura 55. Curva S del proyecto, línea base vs Acumulado real

Fuente: Datos del proyecto

3.10.4 Histograma de Equipos Principales.

Tabla 23. Histograma de equipos.

Equipo	May-19	Jun-19	Jul-19	Ago-19	Set-19	Oct-19	Nov-19	Dic-19
Torre grúa		1	1	1	1	1		
Grúa 350					1	1		
Grúa 140		1	1	1	1	1	1	
Grúa 100		1	1	1	1	1	1	
Camión Grúa 12.5 tn	1	1	1	1	1	1	1	1
Camión Grúa 21 tn	1	1	1	1	1	1	1	1
Manlift		1	1	2	2	2	2	
Scissorlift			3	3	3	3	2	
Camión plataforma 30 tn	1	1	2	2	2	1	1	1
Camión cama baja 40 tn	1	1	1	1	1	1	1	
Montacarga 10 tn	1	1	1	1	1	1	1	
Torretas de Iluminación			4	6	6	6	4	

Fuente. Elaboración Propia

CAPITULO IV

ANALISIS DE COSTOS

4.1 Análisis de los costos y presupuestos del proyecto

En esta parte del informe se determina de forma cuantitativa y por partidas según costos unitarios el desarrollo de las actividades detalladas y analizadas en el capítulo anterior. Se realiza un cuadro consolidado con los metrados y costos unitarios obtenidos para cada actividad y los recursos necesarios para su desarrollo. Antes de realizar cualquier análisis se definieron algunos costos y precios del proyecto mediante el análisis de precios unitarios (APU).

Costo de mano de obra calificada, de acuerdo a lo señalado el beneficio o ahorro por adoptar cada mejora se tiene reflejado en H-H, por tanto, para convertir estas horas en beneficio económico, resulta necesario saber el costo de las H-H por unidad de medida en este caso toneladas. Para el montaje de las estructuras en Haug S.A. se han considerado los precios unitarios mostrados en cada tabla según las actividades realizadas. En las partidas se muestran las horas hombre parciales que se usaron para el desarrollo de cada actividad, en el proyecto se solía trabajar 10 horas diarias. Por tanto, diariamente se trabaja dos horas extras. Para cálculos más exactos se ha calculado el precio unitario de hora hombre considerando 8 horas de hora normal y 2 horas extras y promediando el precio por hora, este nuevo precio se aprecia en la columna con encabezado parcial HH.

4.2 Principales costos involucrados en el montaje de estructura.

4.2.1 Costos del montaje de estructura de soporte

La estructura del tanque comprende; los soportes o columnas donde se posiciona la estructura del tanque, las vigas radiales y los arriostres que ayudan dar rigidez a las columnas perimetrales.

Tabla 24. Costo de montaje de estructura de soporte.

Descripción costo soporte	Und.	Metrado	Precio (US)	Horas Hombre	Parcial HH	Parcial HM	Mano de Obra (US)	Material (US)	Equipo (US)	Subcontrato (US)	Ratio costo(US)
Montaje de Estructuras de soporte					9,572.14	26,115.90	50,265.76	40,797.15	17,271.29	20.88	108,355.08
Column Center	ton	19.12	476.8	26.04	497.78	917.62	2,587.00	4,660.16	1,844.77	20.88	9,112.81
Columnas Soporte	ton	124.4	314.84	16.87	2,563.79	5,323.92	12,947.31	31,597.31	3,295.42		47,840.04
Vigas Radiales	ton	113.74	113.87	13.67	1,554.41	4,663.34	8,292.20	1,985.99	2,664.06		12,942.25
Arriostres	ton	82.76	443.44	56.94	4,712.46	14,539.39	25,139.24	2,456.70	9,082.07		36,678.01
Monoriel	ton	3.57	499.95	68.33	243.69	671.63	1,300.01	96.99	384.97		1,781.97
Montaje de Cilindro Central					328.56	925.47	1,758.13	3,687.30	520.18	0	11,220.42
Underflow/Soporte	ton	2.39	2,440.60	127.33	304.56	925.47	1,659.85	3,658.79	517.08		5,835.72
lainas de Nivelación	und	12	10.85	2	24	0	98.28	28.51	3.1		129.89
Anillo Superior	ton	0.56	3,662.65	437.5	245.92	1,306.88	1,462.87	105.88	488.32		2,057.07
Soldadura en cilindro y accesorios	ton	0.24	734.17	108.27	446.08	1,115.19	2,276.46	374.3	372.19		3,022.95
Overflow	ton	0.08	2,283.63	364.71	27.94	56.32	139.25	9.02	26.52		174.79
Costo total de soporte					10,620.62	29,519.77	55,902.47	44,973.65	18,678.50	20.88	119,575.50

Fuente: Documentos del proyecto

4.2.2 Costo del montaje de estructura de revestimiento

El costo del montaje de revestimiento que comprende el fondo y las paredes laterales esta dado mediante el análisis del costo unitario en base a los metrados y los recursos necesarios en cada actividad, en la tabla 25, se detallan los costos.

Tabla 25. Costo del montaje de estructura de revestimiento.

Descripción costo revestimiento	Und.	Metrado	Precio (US)	Horas Hombre	Parcial HH	Parcial HM	Mano de Obra (US)	Material (US)	Equipo (US)	Subcontrato (US)	Ratio costo(US)
Montaje de Fondo					22,994.85	103,446.28	136,532.56	47,841.37	59,891.09	1,818.04	246,083.06
Planchas de fondo	ton	169.17	326.65	22.22	3,759.28	7,753.92	19,672.78	18,975.37	16,381.26	1,818.04	56,847.45
Soldadura del Fondo	ton	1.79	21,175.94	2,222.22	3,987.11	27,909.78	22,766.41	6,372.74	8,845.22		37,984.37
Montaje de Fondo de Espesador	ton	169.17	409.23	46.86	7,926.69	16,530.14	42,286.02	18,786.96	8,121.93		69,194.91
Soldadura De Fondo pre armado	ton	3.88	21,175.94	2,222.22	7,321.78	51,252.44	51,807.35	3,706.30	26,542.68		82,056.77
Montaje de Pared					8,627.72	31,659.03	70,316.09	52,323.11	26,806.48	7,216.52	156,662.20
Pared de Espesador	ton	56.96	1,003.49	135.56	7,721.72	25,317.03	42,142.83	5,196.45	9,796.00		57,135.28
Soldadura del Cilindro	ton	4.7	21,175.94	2,222.22	906	6,342.00	28,173.26	47,126.66	17,010.48	7,216.52	99,526.92
Montaje de Launder					2,730.67	5,954.41	25,149.87	9,406.55	9,547.76	85.73	44,189.91
Launder	ton	12.51	1,763.29	195.38	2,443.50	3,944.24	13,310.15	1,733.50	6,912.47	85.73	22,041.85
Soldadura de Cilindro	ton	1.32	16,778.83	1,666.67	287.17	2,010.17	11,839.72	7,673.05	2,635.29		22,148.06
Montaje Sistema Alimentación					1,818.97	4,656.98	9,525.51	1,062.41	2,197.28	0	12,785.20

Tanque de Alimentación	ton	5.57	457.22	56.94	317.23	1,067.73	1,692.29	221.46	632.09		2,545.84
Tubería de Alimentación	ton	1.83	646.4	85.42	156.11	506.4	832.77	84.43	263.46		1,180.66
Feed well, Feed pipe	ton	2.26	508.44	62.5	141.28	385.68	832.11	94.39	221.9		1,148.40
Soportes	ton	7.52	498.14	79.49	597.82	1,214.90	2,979.86	290.69	471.54		3,742.09
Accesorios	ton	2.33	734.17	108.27	252.21	630.52	1,287.10	211.63	210.45		1,709.18
Mix Trough	ton	3.41	722.37	104	354.33	851.75	1,901.38	159.81	397.84		2,459.03
Costo total de revestimiento					36,172.20	145,716.69	241,524.03	110,633.44	98,442.61	9,120.29	459,720.80

Fuente: Documentos del proyecto

4.2.3 Costo de la instalación del mecanismo de arrastre

El costo del montaje por partida según costos unitarios del mecanismo comprende; la jaula central o estructura de torque, el drive previsto de motores hidráulicos y las bombas hidráulicas, las rastras largas y cortas y la instalación de los tensores o pickets. En la tabla 26, se identifica los costos para el desarrollo de estas actividades.

Tabla 26. Costo del montaje de mecanismo.

Descripción costo mecanismo	Und.	Metrado	Precio (US)	Horas Hombre	Parcial HH	Parcial HM	Mano de Obra (US)	Material (US)	Equipo (US)	Subcontrato (US)	Ratio costo(US)
Montaje de Mecanismo					1,879.87	5,487.76	10,942.00	1,248.18	2,875.27	0	15,065.45
Drive Cage/Jaula de Torque	ton	14.08	212.54	29.29	412.23	678.63	2,199.08	415.98	374.69		2,989.75
Drive	ton	4.13	672.96	104	221.73	767.52	2,096.45	286.33	397.89		2,780.67
Rastras Larga	ton	14.65	256.62	34.17	500.59	1,623.85	2,670.45	241.92	844.83		3,757.20
Rastras Cortas	ton	7.03	256.62	34.17	240.31	779.54	1,281.98	116.13	405.57		1,803.68
Strut y Tie rods	ton	2.52	506.32	68.33	172.42	559.31	919.79	66.06	290.98		1,276.83
Pickets	ton	4.06	606.21	82	332.59	1,078.90	1,774.25	121.76	561.31		2,457.32
Montaje de Unidad Hidráulica					371.85	841.47	1,987.21	304.53	8,750.33	20,409.17	31,451.24
Accionamiento-Gear Reducer	ea	1	11,978.33	206.67	206.67	710	1,077.46	68.98	480.84	10,350.00	11,977.28
Montaje de Unidad Hidráulica	glb	1	10,902.88	125.18	125.18	121.48	702.15	85.42	111.89	10,002.22	10,901.68
Grúa De 350 Ton	hm	15	857.25	4	40	10	807.6	636.53	11,157.60	256.95	12,858.75
Montaje de Puente					1,362.91	3,872.64	7,174.56	1,576.99	2,218.35	1,555.86	12,525.96
Montaje de Puente de Espesador	ton	20.75	399.72	43.16	895.3	2,685.87	4,776.10	405.4	1,550.80	1,555.86	8,288.16
Montaje de Barandas	ton	1.78	769.76	109.33	194.76	418.01	1,038.95	80.71	250.72		1,370.38
Montaje de Piso Grating	ton	2.59	657.9	42	108.83	378.33	551.8	936.11	216.13		1,704.04
Montaje de Monoriel	ton	1.72	497.08	68.33	117.53	298.34	558.25	137.23	159.3		854.98
Montaje De Escaleras de Gato	ton	0.45	690.58	104	46.49	92.08	249.46	17.54	41.4		308.4
Costo total de mecanismo					3,614.62	10,201.87	20,703.77	3,616.10	16,843.95	22,165.03	63,329.12

Fuente: Documentos del proyecto

4.2.4 Costo de pintura y pruebas

El costo en el suministro de pintura se manifiesta en función del área de aplicación de touch up en la estructura de revestimiento y de soporte encuentra en base al área para poder aplicar se necesita previamente realizar la limpieza superficial y así poder aplicar las dos capas de pintura epoxi poliamida.

Tabla 277. Costo por partida de la pintura y pruebas.

Descripción costo pintura y pruebas	Und.	Metrado	Precio (US)	Horas Hombre	Parcial HH	Parcial HM	Mano de Obra (US)	Material (US)	Equipo (US)	Subcontrato (US)	Ratio costo(US)
Pruebas					2,478.19	924.75	11,681.35	7,970.53	21,265.09	7,543.60	48,460.57
Inspección Tintes Penetrantes	m	3,733.53	0.93	0.12	439.06	0	1,940.66	1,555.26			3,495.92
Placas Radiográficas en Obra-Tanque	plc	211	12	0	0	0				2,532.00	2,532.00
Personal - Placas Radiográficas en Obra	día	9	653.9	20	180	0	864.9	24.23		4,995.00	5,884.13
Pruebas Neumáticas para Placas de Refuerzo	m	96.31	3.25	0.52	22.34	0	96.95	4.64	39.83		313.01
Pruebas de Vacío Del Fondo Del Tanque	m	1,012.50	2.55	0.37	371.28	338.18	1,536.26	539.03	509.44		2,584.73
Prueba Hidrostática en Obra	glb	0.33	29,916.51	1,833.33	611.11	277.77	3,137.19	4,009.51	2,822.38		9,969.08
Cisterna de 7000glns- Pruebas	día	16	1,490.93	53.4	854.4	308.8	4,105.39	1,837.86	17,893.44	16.6	23,853.29
Touch-Up revestimiento					3,615.92	4,521.46	17,374.49	24,713.75	4,699.35	0	46,787.59
Suministro de Pintura Epóxi Poliamida	m2	1,529.89	2.9	0	0	0		4,438.82			4,438.82
Suministro de Pintura Epóxi -Acabado	m2	6,256.84	2.9	0	0	0		18,153.60			18,153.60
Touch Up de Epóxi Poliamida	m2	1,529.89	6.33	1	1,529.89	1,912.36	7,351.11	323.66	1,987.32		9,662.09
Pintura Epóxi Amina en Campo.	m2	6,256.84	2.32	0.33	2,086.03	2,609.10	10,023.38	1,797.67	2,712.03		14,533.08
Touch-Up soporte					139.43	174.29	669.96	434.02	181.12	0	1,285.10
Suministro de Pintura Epóxi Poliamida-TouchUp	m2	139.43	2.9	0	0	0		404.54			404.54
Suministro de Pintura Epóxi Poliamida-Acabado	m2	3,059.78	5.8	0	0	0	0	8,877.64	0	0	8,877.64
Touch Up de Epóxi Poliamida	m2	139.43	6.33	1	139.43	174.29	669.96	29.48	181.12		880.56
Pintura Epóxi Poliamida Amina en Campo.	m2	3,128.42	1.16	0.17	1,043.02	1,304.55	5,011.69	898.84	1,356.02	0	7,266.54
Costo total pintura y pruebas					7,276.56	6,925.05	34,737.49	42,894.78	27,501.58	7,543.60	112,849.03

Fuente: Documentos del proyecto

4.2.5 Costo en equipos

La utilización de equipos fue de gran aporte en los trabajos de montaje, se tuvo los equipos de izaje como gruas telescópicas y grua torre, generadores eléctricos, andamios en las plataformas de trabajo, equipos de izaje de personal, cisternas de combustible y agua entre otros, el costo de estos equipos se da por partidas en función a las horas máquina trabajadas facilitando exponencialmente el tiempo de ejecución del montaje.

Tabla 28. Costo del uso de equipos

Descripción costo equipos	Und.	Metrado	Precio (US)	Horas Hombre	Parcial HH	Parcial HM	Mano de Obra (US)	Material (US)	Equipo (US)	Subcontrato (US)	Ratio costo(US)
Equipos soporte de tanque					31,087.90	6,662.58	103,329.14	81,047.93	451,493.57	4,021.98	639,891.73
Elevador De Tijeras 60 Ft. (18.5 Mts.)	hm	1,200.00	15.69	1	1,200.00	1,200.00	6,228.00	3,553.38	9,000.00	46.62	18,828.00
Grúa Torre de 70 m	hm	1,660.00	94.33	3	19,040.00	1,660.00	49,450.70	23,259.29	82,757.24	1,122.00	156,587.80
Grupo electrógeno 180 kw	hm	1,700.00	33.16	0	0	0	0	34,272.00	22,100.00		56,372.00
Grúa Telescópica de 140Ton	hm	160	161.6	4	640	160	3,325.12	1,019.74	20,600.00	911.2	25,856.00
Grúa De 350 Ton	hm	100	857.25	4	400	100	2,076.00	1,501.31	81,576.00	569.5	85,722.81
Andamio Homologado Torre 8m	mes	5	6,500.00	0	0	0			32,000.00		32,000.00
Cuadrilla de Andamieros	hh	750	21.78	4.58	3,435.00	0	15,685.20	516.32		133.48	16,335.00
Andamio Homologado Diámetro 46m	mes	3	6,500.00	0	0	0			26,000.00		26,000.00
Manlift Boom Telescópico 80 Ft. (24 Mts.)	hm	1,200.00	53.26	1	1,200.00	1,200.00	6,228.00	3,630.34	54,000.00	44.4	63,902.74
Grúa de 100 Ton	hm	480	105.38	2	720	480	5,737.80	7,359.80	37,209.60	275.2	50,582.40
Camión Grúa 25 Ton	hm	700	79.04	2	1,400.00	700	7,277.00	2,723.38	44,702.00	625.62	55,328.00
Transporte Plataforma Cama Alta	mes	0.97	37,014.16	1,800.00	2,472.90	582.58	4,311.12	1,791.05	29,525.29	271.72	35,899.18
Camión Cisterna 3000 gl (Agua)	hm	290	32.68	1	290	290	1,505.10	711.03	7,250.00	11.07	9,477.20
Camión Cisterna 1500 gl (Combustible)	hm	290	24.14	1	290	290	1,505.10	710.29	4,773.44	11.17	7,000.60
Costo total de equipos					27,652.90	6,662.58	87,643.94	80,531.61	419,493.57	3,888.50	639,891.73

Fuente: Documentos del proyecto

4.2.6 Costos totales

Haug SA. ganó la licitación del proyecto de construcción de un tanque espesador de relaves de 43 m de diámetro en la minera Chinalco, con un presupuesto de \$ 2,865,346.32 que se detallan en el siguiente cuadro que muestra el análisis del presupuesto.

Tabla 29. Costos totales

Descripción costos del tanque TK-006	Parcial HH	Parcial HM	Mano de Obra (US)	Material (US)	Equipo (US)	Subcontrato (US)	Ratio costo(US)
Costo estructura de soporte	10,620.62	29,519.77	55,902.47	44,973.65	18,678.50	20.88	119,575.50
Costo estructura de revestimiento	36,172.20	77,016.69	241,524.03	110,633.44	98,442.61	9,120.29	459,720.80
Descripción costo mecanismo	3,614.62	10,201.87	20,703.77	3,616.10	16,843.95	22,165.03	63,329.12
Descripción costo equipos	27,652.90	6,662.58	87,643.94	80,531.61	419,493.57	3,888.50	639,891.73
Descripción costo pintura y pruebas	7,276.56	6,925.05	34,737.49	42,894.78	27,501.58	7,543.60	112,849.03
Descripción suma alzada costos indirectos	21,334.23	32,581.49	110,127.93	70,662.39	145,240.05	10,684.58	348,841.54
Sub total	106,671.13	162,907.45	550,639.63	353,311.97	726,200.26	53,422.88	1,744,207.72
						IGV	313957.39
						Total proyecto (US)	2,058,165.11
						Presupuesto (US)	2,865,346.32
						Ganancia (US)	807,181.21

Fuente: Documentos del proyecto

Conclusiones

- Se realizó el montaje de un Tanque espesador de Relaves de 43 m de diámetro y 743 tn de estructura en la unidad minera Chinalco, el cual forma parte del proyecto de expansión de su operación que aumentará de 117200 tn/día a 170000 tn /día, los trabajos se realizaron sin interrumpir la producción diaria de minera.
- El tiempo empleado en realizar el montaje del espesador de relaves de 43 m de diámetro fue de 183 días calendario efectuados desde el 25 de mayo hasta el 31 de noviembre del 2019.
- Se determinó en el proyecto que se cumplió con las políticas de seguridad y medio ambiente contempladas en los reglamentos nacionales. (29783 ley de seguridad y salud en el trabajo).
- Se realizaron las pruebas de NDT a todas las uniones soldadas, pruebas de vacío al fondo del tanque y la prueba de estanqueidad, dando resultados favorables acorde a lo establecido, el valor de asentamiento en columnas fue uniforme, 0.002 m con respecto del tanque sin carga, encontrándose dentro de las tolerancias exigidas por el fabricante.
- Se realiza una planificación y seguimiento mediante la supervisión de actividades logrando un desempeño competitivo cumpliendo con los plazos establecidos.

Recomendaciones

- Los pilares más importantes de la construcción son; la seguridad, una política segura en los trabajadores emana confianza en el equipo, la calidad de los trabajos es la rentabilidad de la empresa y la producción solo se da si las dos anteriores se cumplen.
- Cumplir con los procedimientos de trabajo aprobados por la supervisión del cliente, el cual detallan los recursos a usar y las secuencias de las actividades a desarrollar.
- La importancia de culminar los trabajos en el plazo establecido es de mucha responsabilidad, no pudiendo haber retrasos en su entrega.
- Los trabajos de soldadura deben ser realizados por soldadores homologados, el montaje y armado de estructura se debe realizar por personal especializado.
- La planificación y la supervisión en el seguimiento de las actividades en el transcurso del proyecto son vitales para el correcto y eficaz desarrollo de este.

Referencias

American Petroleum. (s.f.). *API 650* .

API 1104. (s.f.). *Ensayos no destructivos*.

ASME. (2009). *Union y soldado de materiales* .

Codigo ASME seccion V. (2011). *Ensayos no destructivos*.

E020. (2011). *Norma Tecnica Peruana* .

FL Smidth. (2017). *Manual de espesadores de cono profundo*.

Fuentes, R. (2016). *Disposicion de Relaves en pasta*. Obtenido de www.relpas.cl/neo

Fuenzalia Hidalgo. (2017). *Operacion de tanques espesadores*.

Ingemmet, F. (s.f.). *Libro de geologia*.

McCormac. (2013). *Google*. Obtenido de www.mccormac.com.

Minem. (s.f.). *Google*. Obtenido de Estudio de impacto ambiental: www.minem.gob.pe

Rodriguez, J. c. (1980). *Procedimiento general para la la fabricacion de tanques y montaje*.

Salgado Herrera, C. (2008). *Ceja Parrayes Juan*. Obtenido de Procedimiento general para

la fabricación y montaje de tanques de almacenamiento.

ANEXOS

Anexo 1: Curriculum Vitae



Julio César Juárez Molina

Ingeniero Mecánico asistente de proyectos, con más de 5 años de experiencia en los rubros de construcción, montaje de proyectos metal mecánicos y mantenimiento de equipos en la industria minera y petrolera de nuestro territorio nacional. Con 29 años de edad, domiciliado en Av. Arequipa esquina con calle los lirios Mz. E Lt 7A- Characato, celular 996594915 y correo electrónico: julio.juarez.mec@gmail.com.

Experiencia Laboral:

- JJC: Proyecto ampliación presa de relaves Toquepala

(Southern Copper – Tacna), periodo. Junio (2021) – Actualidad

Ing. Mecánico Asistente, proyecto de ampliación de presa de relaves, construcción de diques, pipe line, pipe rack, montaje de tanque espesador de lamas de 50 m de diámetro de FL Smith, montaje estructural de plataforma para bombas de impulsión de agua recuperada y montaje de hidrociclones. Seguimiento de las actividades diarias de estructura montada por cada frente, elaboración de procedimientos de trabajo, memorias de cálculo, rigging plan, planificación y control del proyecto con herramientas de gestión 4 week, Forecast, línea base.

- HAUG S.A:

(Minera Chinalco Perú – Junin), periodo. Junio (2019) – Noviembre (2020)

Ing. Mecánico Asistente, Proyecto de Expansión Minera de Chinalco Perú, Espesadores 2 und. de 43m de diámetro de diseño FL Smith, con 575 Tn. de estructura montada por cada espesador, montaje de nave industrial y filtro prensa para concentrado, elaboración de procedimientos de trabajo, memorias de cálculo, rigging plan, planificación y control de proyecto; 4 week, Forecast, línea base. Supervisión y seguimiento de actividades en campo.

- ICSK – Sidgo Koppers

(Refinería Cajamarquilla), periodo. Marzo - Mayo (2019)

Mecánico Montajista, proyecto de expansión a Jarosita en la refinería Cajamarquilla, realizando montaje de Estructuras y equipos como Chutes de acarreo, tornillo helicoidal y bombas en el área de filtros de plomo y plata. Alineamiento, maniobra, izaje de piezas con su respectiva liberación de calidad para puesta en servicio de líneas de producción.

- STORK PERU: Mantenimiento de planta caldera 2

(Termoeléctrica ENEL – Ventanilla - Lima), periodo. Enero – Marzo (2019)

Electromecánico Montajista, parada de mantenimiento en Termoeléctrica de ENEL Ventanilla, cambio de spools de acero aleado en calderas, cambio de aislamiento en líneas revestidas, pruebas hidrostáticas y flushing de limpieza en líneas.

- CONSORCIO STORK – TMI: Megaproyecto de Modernización DP1

(Refinería Talara PETROPERU,), periodo. Octubre (2017) – Noviembre (2018)

Asistente Mecánico de las áreas; montaje, mecánica, piping. Interpretación de planos isométricos a detalle en Mega Proyecto de la Refinería Talara (PMRT), montaje, alineamiento,

biselado, seguimiento de actividades, trazo y realización de informes de interferencias, trabajos adicionales que se presentaron en el proyecto, seguimiento de líneas, interpretación a detalle de master de soportería, conocimiento de procedimientos de soldadura en tuberías de acero; al carbono, aleado e inoxidable.

- EDAE: Mantenimiento y operación de PTAR la Enlozada

(Sociedad minera Cerro Verde), periodo. Setiembre (2015) – Octubre (2017)

Supervisor Mecánico Junior en planta de tratamiento de Aguas Residuales, ejecución de órdenes de trabajo en mantenimiento preventivo y correctivo, planificación de tareas de mantenimiento, manejo de software de mantenimiento Fractall, predicción del estado de equipos, mantenimiento de equipos del proceso y línea amarilla usados en el tratamiento de aguas residuales. Monitoreo y control de equipos mediante DCS, Scada desde sala de control con el programa de operación Delta V.

- SKANSKA: Proyecto minero expansión Cerro Verde, planta PTAR

(Sociedad Minera Cerro Verde), periodo. Mayo – Julio (2015)

Operario Tubero, Expansión SMCV. Montaje de tubería, alineamiento de sistemas de transmisión prefabricado de spools, montaje de tubería inoxidable en sistema de sopladores (Blowers), pruebas de hidrostáticas.

- MAC INGENIEROS ASOCIADOS S.R.L: Paradas de mantenimiento de planta.

(Minera Bateas – Arequipa), periodo. Noviembre (2012) - Setiembre (2014)

Técnico mecánico, parada de planta minera BATEAS mantenimiento de área húmeda, molienda, cambio de lanners, cambio de estatores e impulsores en celdas de flotación, cambio de polines y fajas transportadoras, mantenimiento y cambio de cadena en apron fere, cambio de paneles, resortes en zarandas.

Estudios:

- 2019: Mantenimiento de Planta, Hidráulica y Neumática Industrial en TECSUP, realización de circuitos electro neumáticos, mantenimiento y preservación de líneas.
- 2018: Diplomado en Gestión de Seguridad Minera e Industrial en Gr. Consulting, Salud ocupacional y Gestión del medio ambiente.
- 2017: SAP PM Mantenimiento de planta; ordenes de mantenimiento, ejecución, seguimiento y cierre de trabajos, planificación de mantenimiento, control de gastos de mantenimiento.
- 2010 – 2015: Estudios en la Universidad Nacional de San Agustín Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica.
- 2010 – 2012: Estudios de Ingles básico en Centro Cultural Peruano Norteamericano.
- 2009: Termino de estudios secundarios en la I.E. Nepalí Valderrama Ampuero, Arequipa.

Formaciones adicionales:

2019: Proyect, Instituto Hipólito Unanue.

2018: Metrados de estructuras

2016: Inventor diseño autodesk

2015: Solidwork diseño mecánico

2017 Matpel, capacitación de primera respuesta

2017: Acreditación en Hazmat nivel, I, II, III (SMCV- tratamiento de cloro).

Referencias:

Constructora Tajjo y Cia. Residente de obra, Ing. Luis Pinto. Cel:957852371

EDAE. Jefe de mantenimiento Ing. Guillermo Pilco Gómez. Cel. 986063908

Consorcio Stork – Tmi. Jefe de área, Ing. Hernán Martínez Rivera. Cel. 942678961

ICSK. Jefe montaje mecánico, Ing. Jorge Luzquiños. Cel. 962797205

Haug S.A. Gerente de construcción, Ing. Emilio Samaniego. Cel. 982735689

JJC. Jefe de área, Ing. Antonio Yataco Cel. 954160069

Anexo 2: Participación en el proyecto

Mi participación en este proyecto como ingeniero mecánico asistente se describe en las siguientes actividades:

- Al iniciar el proyecto se verifica los alcances de la construcción, la ingeniería básica según sus especificaciones del cliente, revisión de los planos, manuales y material proporcionado a la empresa para el desarrollo de las actividades.
- Elaboración de procedimientos y planificación de trabajos, antes del desarrollo de las actividades se necesita tener la aprobación de los procedimientos de trabajo de construcción contemplando la secuencia de montaje en coordinación con supervisión de campo, supervisión de planeamiento y supervisión de presupuestos liderados por residencia, para poder desarrollar una adecuada disposición de recursos en el montaje del tanque de relaves.
- El seguimiento diario de las actividades programadas, verificando el cumplimiento o la no ejecución e inmediatamente la reprogramación de las actividades ajustando los recursos para evitar los atrasos en la línea base.

- Elaboración de un cronograma de suministro de materiales y solicitudes al área de logística para obtener un orden en el traslado a obra de los elementos y equipos con mayor prioridad.
- La verificación constante con apoyo de topografía de la empresa Haug, para el correcto montaje, alineamiento, verticalidad, redondez y nivelación dentro de las tolerancias permitidas mediante protocolos de liberación de calidad, evitando así algún reporte de no conformidad que desencadenen en futuras penalidades que afecten la rentabilidad del proyecto por parte de la empresa supervisora G y M, prestadora del servicio de topografía del cliente.
- Dar soporte al personal técnico de la documentación de ingeniería básica, en caso haya un error o interferencia en campo con respecto a lo indicado en planos, dando pronta solución o elevando a ingeniería del proyecto vía transmittal generándose así una aclaración o un replanteo siendo estos trabajos adicionales.
- Seguimiento de todos los protocolos de liberación en conjunto con el área de calidad en las distintas actividades realizadas en la construcción del tanque espesador.

Anexo 3: Procedimientos de soldadura WPS, PQR, WPQR.

Se adjunta la especificación del procedimiento de soldadura (WPS), del proceso Fcaw como procedimiento principal para los trabajos de montaje que se realizó en el proyecto y también del proceso Smaw que se usó de manera indirecta en algunas ocasiones.

También se adjunta los registros de calificación de desempeño de los soldadores (WPQR), y el registro de calificación de procedimiento (PQR).

A - PROCEED

FLUOR

Authorization to proceed does not relieve Contractor/Supplier of its responsibility or liability under the Contract and or Purchase Order.

By: Williams Merzthal, MER26355, 01/05/2019

CC105-0010-TS-Y-016_0

	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPSs) (According to AWS D1.1:2015)	HAUG / WPS	
		SHEET:	1 of 1
		EMISSION:	March, 2016
		REVISION:	0

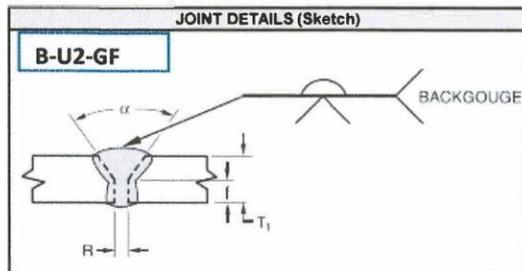
HAUG S.A.	
Company Name	Oscar Ventura
Authorized by	6-Abr-19 Date

HAUG/WPS 719	0	6-Abr-19
WPS No.	Rev. No.	Date
None (Prequalified)	N/A	
Supporting PQR(s)	CVN Report	

BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No
Base material	ASTM A 36	--	II
Welded to	ASTM A 36	--	II
Backing Material	N/A	--	N/A
Other			

BASE METALS THICKNESS	As-Welded	With PWHT
CJP Groove Welds	3-38mm	--
CJP Groove w/CVN	--	--
PJP Groove Welds	--	--
Fillet Weld	--	--
DIAMETER	--	--

JOINT DETAILS	
Groove Type	Single V Groove Weld - Butt Joint
Groove Angle	60° Tol: +10; -5°
Root Opening	0 - 3mm
Root Face	0 - 3mm
Backgouging	YES
Method	--



POSTWELD HEAT TREATMENT	
Temperature	None
Time at Temperature	None
Other	None

PROCEDURE			
Welded Layer's	All		
Weld Pass(es)	All		
Process	FCAW		
Type (Semiautomatic, Mechanized, etc.)	Semiautomatic		
Position	3G		
Vertical progression	--		
Filler Material (AWS Spec.)	5.20		
AWS Classification	E71T-1		
Diameter	1.2mm		
Manufacturer/Trade Name	--		
Shielding Gas (Composition)	CO2		
Flow Rate	15-30 l/min		
Nozzle Size	1/2"		
Preheat temperature	--		
Interpass temperature	Max 250°C		
Electrical Characteristics	--		
Current Type & Polarity	E(+)		
Transfer Mode	Globular		
Power source Type (cc,cv, etc.)	DC		
Amps (Amperios)	Min: 120	Max: 280	
Volts (Volts)	Min: 20	Max: 33	
Wire Feed Speed (pulg/min)	Min: 180	Max: 250	
Maximum Heat Input	3.08KJ/inch		
Technique	--		
Stringer or Weave	Both		
Multi or Single pass (per side)	Multi and Single		
Oscillation (Mechanized/automatic)	Manual		
Number of electrodes	1		
Contact tube to work distance	12-19 mm		
Peening	Not Allowed		
Interpass cleaning	Brushing and or Grinding		
Other	Pre heat: T<20mm Temperatura ambiente; T>25,1mm 15°C min		



Andres Velasco Quevedo
CVN 11121001
QC1 EXP. 12/1/2020

A – PROCEED

SMI

Authorization to proceed does not relieve Contractor/Supplier of its responsibility or liability under the Contract and or Purchase Order.
By Williams Merzthal at Dec 30, 2018

MINERA CHINALCO PERU S.A. **smi**
CHINALCO
A8TO Project A8TO-PDDM-CON-T-00872
DOCUMENT CONTROL - SITE
ISSUED
By: **Rancel Razzeto** Date: **31-Dic-18**

CC105-0010-PQR-Y-002_0

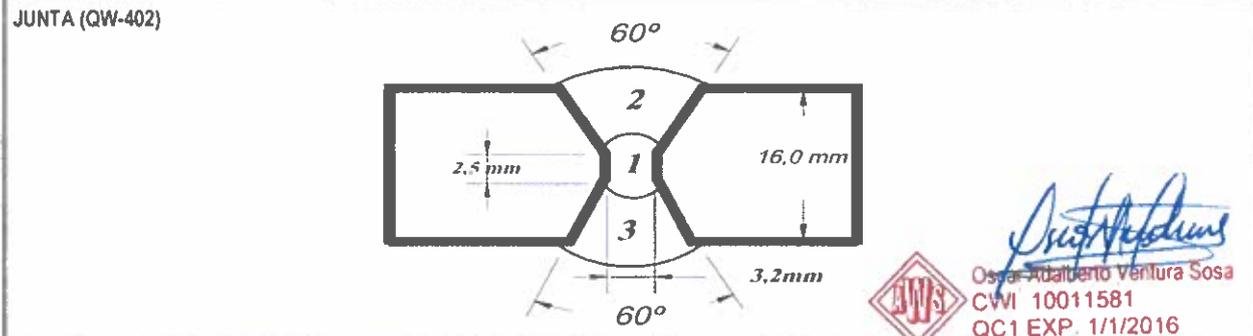


PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)
(According to Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

HAUG / PQR	
SHEET	1 de 2
EMISSION:	10/12/08
REVISION:	0

QW-482 – RECORD ACTUAL CONDITIONS USED TO QUALIFICATION RECORDS (PQR)

Company Name: **HAUG S.A.**
 Procedure Qualification Record N°: **097** Date: **24 / Jul / 09**
 WPS N°: **063**
 Welding Process(es): **FCAW** Types: **Semi-Automatic**



BASE METAL (QW-403)
 Material Specification: **SA-36**
 Type/Grade, or UNS Number: **---**
 P - No. **1** Group No **1** to P - No **1** Group No **1**
 Thickness of Test Coupon: **T = 16,0 mm**
 Diameter of Test Coupon: **---**
 Maximum Pass Thickness: **6,0 mm**
 Other: **---**

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)
 Temperature: **None**
 Time: **None**
 Other: **None**

FILLER METALS (QW-404)
 SFA Specification: **5.20**
 AWS Classification: **E71T-1C**
 Filler Metal F N°: **6**
 Weld Metal Analysis A N°: **1**
 Size of Filler Metal: **1,2 mm.**
 Filler Metal Product Form: **Tubular flux cored**
 Supplemental Filler Metal: **None**
 Electrode Flux Classification: **None**
 Flux Type: **None**
 Flux Trade Name: **None**
 Weld Metal Thickness: **16,0 mm**
 Trade Name: **EXSATUB E71T-1 - Oerlikon**
 Alloy elements: **None**

GAS (QW-408)

Percent Composition		
Gas(es)	Mixture	Flow Rate
CO ₂	Pure	17 l / min
Shielding	CO ₂	Pure
Trailing	None	---
Backing	None	---
Other	None	---

POSITION (QW-405)
 Position of Groove: **Vertical**
 Weld Progression (Uphill, Downhill): **Uphill**
 Other: **---**

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)
 Current: **DC**
 Polarity: **E (+)**
 Amps: **150-168 A** Volts: **22,8 - 24,5 V**
 Tungsten Electrode Size: **None**
 Mode of Metal Transfer for FCAW: **Globular**
 Other: **---**

PREHEAT (QW-406)
 Preheat Temperature: **15°C**
 Interpass Temperature: **90°C max.**
 Other: **---**

TECHNIQUE (QW-410)
 Travel Speed: **1,95 – 2,58 mm / seg**
 String or Wave: **Both**
 Oscillation: **To 15,0 mm**
 Multipass or Single: **Multipass**
 Single or Multiple Electrodes: **Single**
 Wire Speed: **220-230 pulg/min**

Federico Merzthal Williams
 CWI 09094391
 QC1 EXP. 9/1/2021

	PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)		HAUG / PQR	
	(According to Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)		SHEET	2 de 2
			EMISSION:	10/12/08
			REVISION:	0

	PQR No.	097
--	----------------	------------

TENSILE TESTS (QW-150)						
Specimen N°	Width (mm)	Thickness (mm)	Area (mm ²)	Ultimate Total Load (N)	Ultimate Unit Stress (Mpa)	Type of Failure & Location
T1	19,28	15,66	301,9	147810	490	Ductile, break in base metal
T2	19,16	15,72	301,2	148820	494	Ductile, break in base metal

Type and Figure N°		Type and Figure N°
HAUG-PQR-97 S1 (Side bend)		Accept
HAUG-PQR-97 S2 (Side bend)		Accept
HAUG-PQR-97 S3 (Side bend)		Accept
HAUG-PQR-97 S4 (Side bend)		Accept

TOUGHNESS TESTS (QW-170)							
Specimen N°	Notch Location	Specimen Size	Test Temp.	Impact Values			Drop Weight Break (Y/N)
				Ft. Lbs.	% Shear	Mis	
----	----	----	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----	----	----
----	----	----	----	----	----	----	----

FILLET WELD TESTS (QW-180)							
Result - Satisfactory:		Yes	---	No	---	Penetration Into Parent Metal	
		Yes	---	No	---		
Macro - Results				None			

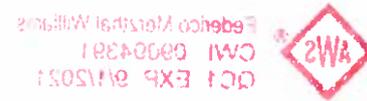
OTHER TESTS	
Type of Tests	---
Result :	---
Type of Tests	---
Result :	---

Welder's Name: <u>Chilingano Pillaca, Julio</u>	Stamp N: <u>HFC-097</u>
Test Conducted by <u>HAUG & Soldexa</u>	Laboratory Test N° <u>ET-2009-103 by Soldexa</u>

We certify that statements in this record are correct and that the welds were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Boiler and Pressure Vessel Code - 2008a.

Manufacturer or Contractor: **HAUG S.A.**

Certified by:	Oscar Ventura	Sign:		Date:	24 - Jul - 2009
---------------	---------------	-------	---	-------	-----------------





CC-F-034

Edición 02

INFORME DE ENSAYO DE TRACCION

Nombre de Cliente : Dpto Tecnico Lima
 Referencia : HAUG S.A
 Muestra : -
 Reporte N° : ET -2009-103
 Fecha Informe : 2009-07-24

Codigo N°	Ancho mm	Sección Transversal		CARGAS		TENSIONES		Alargamiento % Lo
		Diámetro / Espesor mm	Area mm ²	Fluencia N	Máxima N	Fluencia MPa	Máxima MPa	
PQR 97-T1	19.28	15.66	301.9	118940	147810	394	490	
PQR 97-T2	19.16	15.72	301.2	118180	148820	392	494	

OBSERVACIONES :

Todas las probetas rompieron en el Material Base

Norma de Ensayo : ASTM A 370 -09
 Norma Calificación : ASME IX
 Equipo usado : TINIUS OLSEN SUPER L 120
 Código Interno : LAB-E-41
 Temperatura de Ensayo : 22°C
 Nombre Operario : E. Solís
 Fecha de Recepción de Muestra : 2009-07-24
 Las muestras han sido suministrado por el solicitante

Ing. Responsable
 Ronald Requejo V
 CIP : 101024

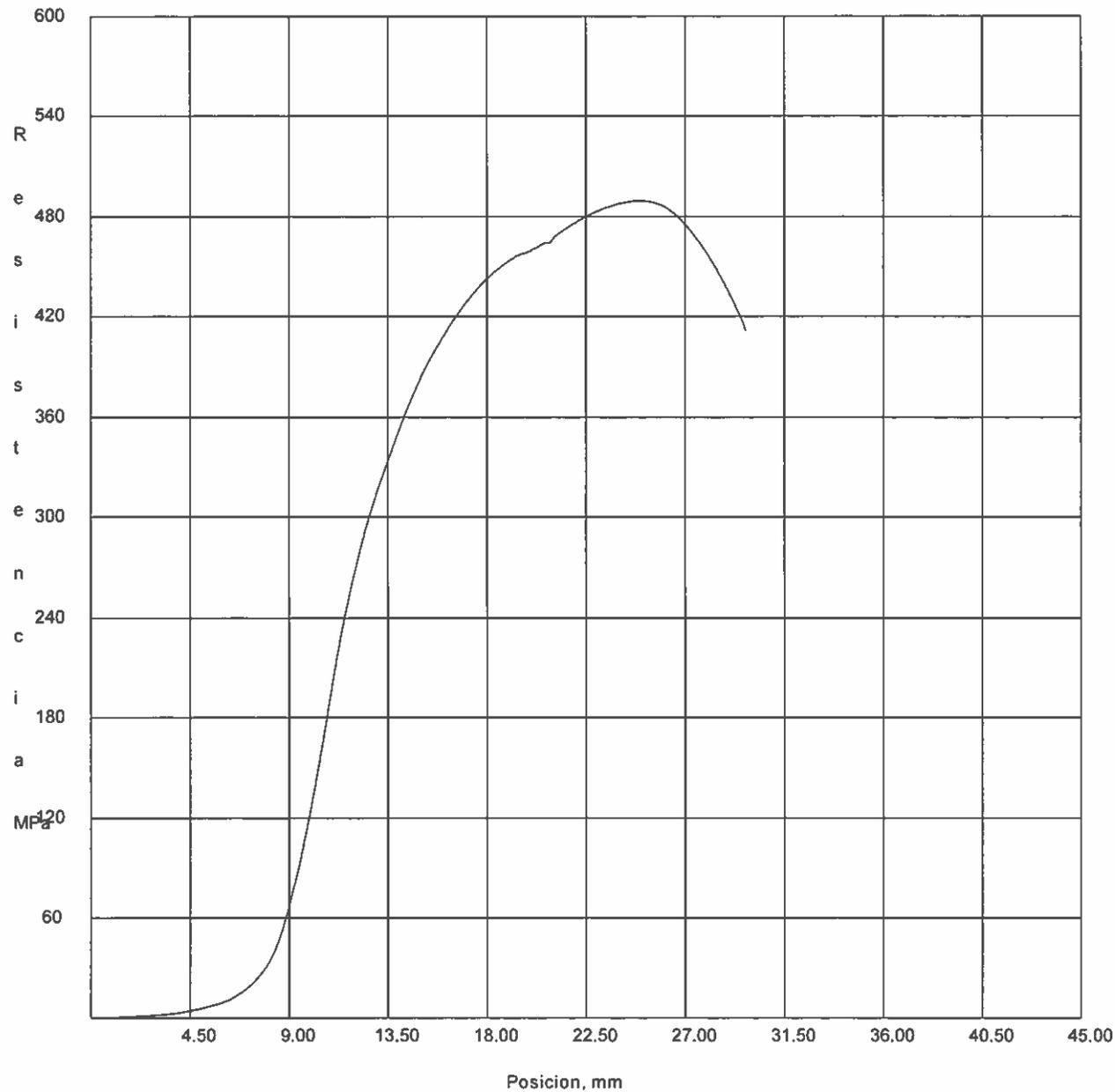
La incertidumbre expandida es 33.98 KN para un nivel de confianza al 95% y un factor de cobertura K=2.

**Prohibida la reproducción total o parcial del reporte sin la autorización escrita del Laboratorio de SOLDEXA
 Los resultados de este informe solo son validos para la muestra analizada.**

Antig Panamericana Sur Km 38.5
 Lima -Perú

Telefono : 619 9600 Anexo 2233

CC105-0010-PQR-Y-012_0

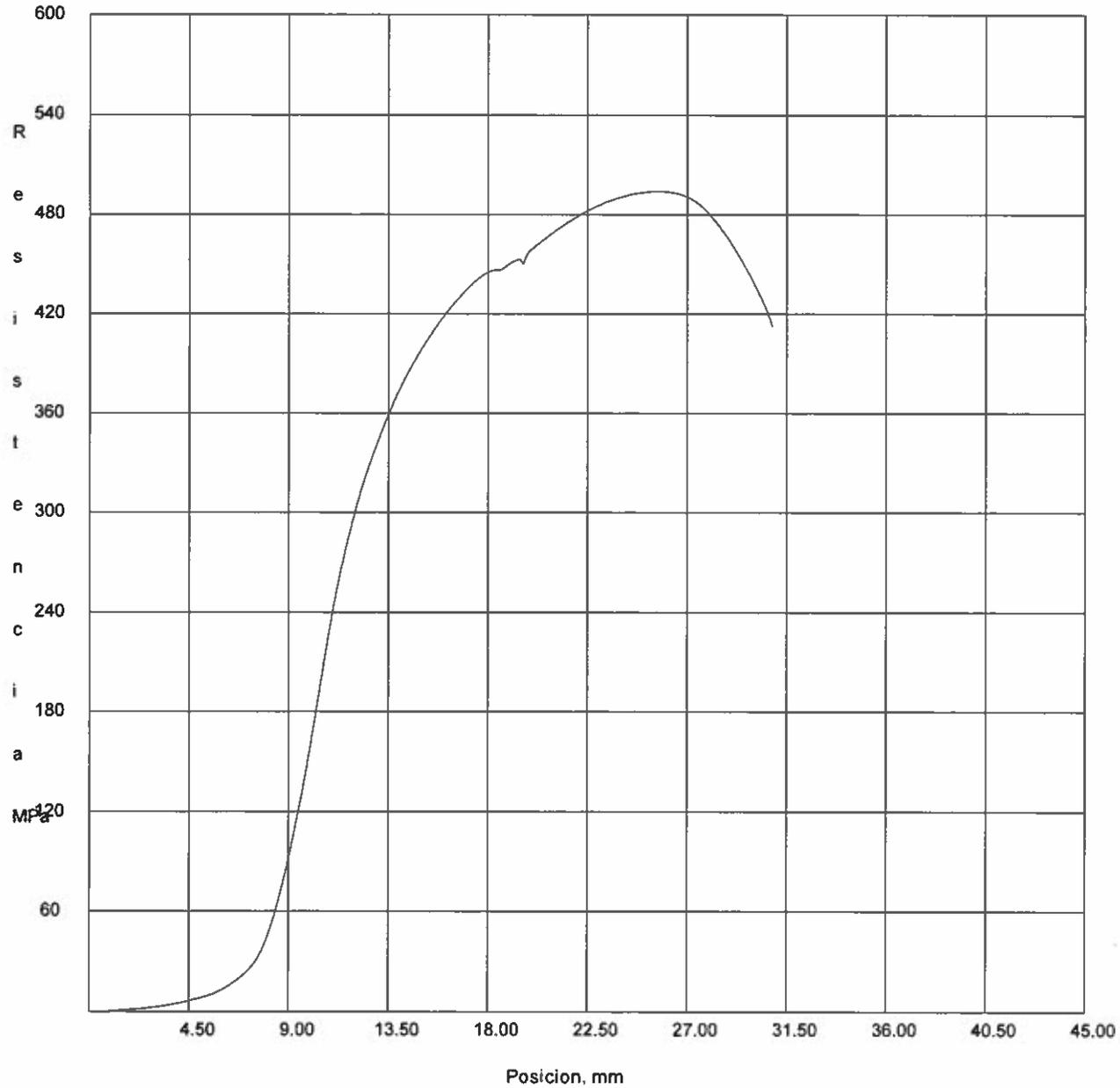


SOLDEXA
Antigua Panamericana Sur, km 38.5
LURIN - LIMA
PERU

ASTM A370

Material	NN
Ensayista	E. Solis
Configuracion de ensayo	Mtl Tensile encoder plano Soldexa
N° Ensayo:	ET2009-103
ID Muestra:	PQR 97 T1
Ancho, mm:	19.28
Espesor, mm:	15.66
Area, mm ² :	301.9
L. Fluencia, N:	118940
L. Fluencia, MPa:	394
Fuerza Maxima, N:	147810
R. Tracción, MPa:	490
UI/YP:	1.24
Datos:	2009/24/07
Hora:	17:09
Temperatura:	22.00
Rotura:	Material Base

CC105-0010-PQR-Y-012_0



SOLDEXA
Antigua Panamericana Sur, km 38.5
LURIN - LIMA
PERU

ASTM A370

Material	NN
Ensayista	E. Solis
Configuracion de ensayo	Mtl Tensile encoder plano Soldexa
N° Ensayo:	ET2009-103
ID Muestra:	PQR 97 T2
Ancho, mm:	19.16
Espesor, mm:	15.72
Area, mm ² :	301.2
L. Fluencia, N:	118180
L. Fluencia, MPa:	392
Fuerza Maxima, N:	148820
R. Tracción, MPa:	494
UI/YP:	1.26
Datos:	2009/24/07
Hora:	17:16
Temperatura:	22.00
Rotura:	Material Base

	REGISTRO DE CALIFICACION DE DESEMPEÑO DE SOLDADOR <i>De acuerdo al código ASME - Sección IX</i>	HAUG / WPQR	
		HOJA:	1 de 1
		EMISION:	10/12/08
		REVISION:	1

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQR)			
Nombre del Soldador: Ferro Quispe, Cater ✓	No. Estampa: HFC-1806	WPQR No.: 1806-03	DNI: 71290962
DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA			
Identificación de WPS seguido por el soldador: 63 Rev. 2	<input checked="" type="checkbox"/> Probeta	<input type="checkbox"/> Soldadura Producción	Fecha de Prueba: 12/06/2019
Especificación y Tipo/grado o Numero de UNS del metal base: SA 36	Espesor: 12.7 mm		
VARIABLES DE PRUEBA Y LIMITES DE CALIFICACIÓN			
Variables de soldadura (QW-350)	Valor Usado en la Calificación	Rango Calificado	
Proceso de Soldadura:	FCAW	FCAW	
Tipo (manual, semiautomático) usado:	Semiautomático	Semiautomático	
Respaldo (Con, Sin):	Con respaldo	Con Respaldo	
<input checked="" type="checkbox"/> Plancha <input type="checkbox"/> Tubería (diámetro externo, si es tubería):	---	---	
Metal Base No. P a No. P	P No. 1 a P No. 1	P No. 1 a P No. 15F	
Especificación metal aporte o electrodo (SFA)	A5.20	---	
Clasificación metal aporte o electrodo:	E71T-1C	---	
Metal de aporte No. F:	F6	F6	
Inserto Consumible: (GTAW o PAW):	Ninguno	Ninguno	
Forma de Metal de aporte (Sólido/Metal o Fundente Tubular/polvo) (GTAW o PAW):	Tubular	Tubular	
Espesor depositado por cada proceso:			
Proceso 1 FCAW 3 capas mínimo Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	12.7mm	Hasta 25.4 mm	
Proceso 2 --- 3 capas mínimo Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	---	---	
Posición:	2G ✓	Sold. Canal Plancha y Tubería	Sold. Canal Tubería
		P, H (>610 mm D.E)	P, H (≥73mm ≤610 mm D.E)
Progresión vertical (ascendente/descendente):	---	Sold. Filete o Apunt. Plancha y Tubería	
Tipo de gas combustible (OFW):	---	P, H (Apunt. ≤ 25% Sold. Circunf)	
Gas Inerte de respaldo (GTAW, PAW, GMAW):	---		
Modo de Transferencia (Spray/globular o pulsado a corto circuito-GMAW):	Spray	Spray	
Corriente Tipo/Polaridad - GTAW (AC, DCEP, DCEN):	DCEP(FCAW)		
RESULTADOS			
Inspección Visual de soldadura terminada (QW-302.4):	Acceptable		
<input type="checkbox"/> Doblado Transversal de Cara y Raíz [QW-462.3(a)]	<input type="checkbox"/> Doblado Longitudinal [QW-462.3(b)]	<input checked="" type="checkbox"/> Doblado de Lado [QW-462.2]	
<input type="checkbox"/> Doblado de espécimen de Tubería, Recubrimiento de metal de soldadura Resistente a la corrosión [QW-462.5(c)]			
<input type="checkbox"/> Doblado de espécimen de Plancha, Recubrimiento de metal de soldadura Resistente a la corrosión [QW-462.5(d)]			
<input type="checkbox"/> Especimen de Tubería, Prueba de Macro para la fusión [QW-462.5(b)]		<input type="checkbox"/> Especimen de Plancha, Prueba de Macro para la fusión [QW-462.5(e)]	
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
DL1-1806-63-2-2G	Acceptable	---	---
DL2-1806-63-2-2G	Acceptable	---	---
Resultado de examen Volumétrico alternativo (QW-191):	---	RT <input type="checkbox"/> o UT <input type="checkbox"/> (marcar uno)	
Soldadura de filete - Prueba de fractura (QW-181.2):	---	Longitud y porcentaje de Defectos: ---	
<input type="checkbox"/> Soldadura de filete en plancha [QW-462.4(b)]		<input type="checkbox"/> Soldadura de filete en tubería [QW-462.4(c)]	
Macro examen (QW-184):	---	Tamaño de filete: ---	Concavidad/Convexidad: ---
Otras Pruebas:	---		
Película o muestras evaluadas por:	Compañía:	Reporte No:	
Pruebas Mecánicas conducidas por: HAUG S.A.	Prueba de Laboratorio No:	HAUG/REDG-214-2019 ✓	
Soldadura supervisada por: Del Carpio Linares, Arturo			
Nosotros certificamos que los datos registrados son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y probadas de acuerdo a los requerimientos de la Sección IX del ASME – Boiler and Pressure Vessel Code – 2017.			
	Organización:	HAUG S.A.	
Fecha: 12/06/2019 ✓	Certificado Por:	Oscar Ventura Sosa	



Andres Velazco Quevedo
CWI 11121984
QC1 EXP. 12/1/2020

	REGISTRO DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO	HAUG / REDG	
		HOJA:	1 de 1
		EMISION:	30/06/2011
		REVISION:	1

Registro N°. HAUG/REDG-214-2019

PROYECTO: P-2110	LUGAR DE PRUEBA: Planta Lurin
REALIZADO POR: Del Carpio Linares, Arturo	FECHA DE ENSAYO: 12/06/2019 ✓
NORMA/CÓDIGO DE REFERENCIA: ASME IX Edicion 2017	MATERIAL BASE: A36
INSTRUMENTOS USADOS: Vernier ECMM-1066 ,Cinta Metrica EWMC-2270	ENSAYO REQUERIDO PARA: Calificación de soldadores

DATOS DE MUESTRAS/PROBETAS:

Item	Identificación	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo (mm)
1	DL1-1806-63-2-2G	10	12.7	200
2	DL2-1806-63-2-2G	10	12.7	200



Andres Velazco Quevedo
 CWI 11121981
 QC1 EXP. 12/1/2020

RESULTADOS DEL ENSAYO:

Item	Identificación	Tipo de DobleZ	Discontinuidades	Resultado
1	DL1-1806-63-2-2G ✓	Lado	Ninguna	Conforme
2	DL2-1806-63-2-2G ✓	Lado	Ninguna	Conforme

Observaciones:

APROBACION FINAL:

 Mario Sanchez Pintado QA/QC HAUG S.A.	12/06/2019
Control de Calidad – HAUG S.A.	Fecha



REGISTRO DE CALIFICACION DE DESEMPEÑO DE SOLDADOR

De acuerdo al código ASME - Sección IX

HAUG / WPQR

HOJA: 1 de 1

EMISION: 10/12/08

REVISION: 1

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQR)

Nombre del Soldador: **Ferro Quispe, Cater** No. Estampa: **HFC-1806** WPQR No.: **1806-05** DNI: **71290962**

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

Identificación de WPS seguido por el soldador: **63 Rev. 2** Probeta Soldadura Producción Fecha de Prueba: **12/06/2019**

Especificación y Tipo/grado o Numero de UNS del metal base: **SA 36** Espesor: **25.4 mm**

VARIABLES DE PRUEBA Y LIMITES DE CALIFICACIÓN

Variables de soldadura (QW-350)	Valor Usado en la Calificación	Rango Calificado		
Proceso de Soldadura:	FCAW	FCAW		
Tipo (manual, semiautomático) usado:	Semiautomático	Semiautomático		
Respaldo (Con, Sin):	Con respaldo	Con Respaldo		
<input checked="" type="checkbox"/> Plancha <input type="checkbox"/> Tubería (diámetro externo, si es tubería):	---	---		
Metal Base No. P a No. P	P No. 1 a P No. 1	P No. 1 a P No. 15F		
Especificación metal aporte o electrodo (SFA)	A5.20	---		
Clasificación metal aporte o electrodo :	E71T-1C	---		
Metal de aporte No. F:	F6	F6		
Inserto Consumible: (GTAW o PAW):	Ninguno	Ninguno		
Forma de Metal de aporte(Sólido/Metal o Fundente Tubular/polvo) (GTAW o PAW):	Tubular	Tubular		
Espesor depositado por cada proceso:				
Proceso 1 FCAW 3 capas mínimo Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	25.4 mm	Ilimitado		
Proceso 2 --- 3 capas mínimo Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	---	---		
Posición :	4G	Sold. Canal Plancha y Tubería	Sold. Canal Tubería	Sold. Filete o Apunt. Plancha y Tubería
		P, SC (>610 mm D.E)	P (≥73mm ≤610 mm D.E)	P,H,SC (Apunt. ≤ 25% Sold. Circunf)
Progresión vertical (ascendente/descendente):	---	---		
Tipo de gas combustible (OFW):	---	---		
Gas Inerte de respaldo (GTAW, PAW, GMAW):	---	---		
Modo de Transferencia (Spray/globular o pulsado a corto circuito-GMAW):	Spray	Spray		
Corriente Tipo/Polaridad - GTAW (AC, DCEP, DCEN):	DCEP(FCAW)	Spray		

RESULTADOS

Inspección Visual de soldadura terminada(QW-302.4):	Acceptable				
<input type="checkbox"/> Doblado Transversal de Cara y Raíz[QW-462.3(a)]	<input type="checkbox"/> Doblado Longitudinal[QW-462.3(b)]	<input checked="" type="checkbox"/> Doblado de Lado(QW-462.2)			
<input type="checkbox"/> Doblado de espécimen de Tubería, Recubrimiento de metal de soldadura Resistente a la corrosión[QW-462.5(c)]					
<input type="checkbox"/> Doblado de espécimen de Plancha, Recubrimiento de metal de soldadura Resistente a la corrosión[QW-462.5(d)]					
<input type="checkbox"/> Espécimen de Tubería, Prueba de Macro para la fusión [QW-462.5(b)]			<input type="checkbox"/> Espécimen de Plancha, Prueba de Macro para la fusión [QW-462.5(e)]		
Tipo	Resultado	Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
DL1-1806-63-2-4G	Acceptable	---	---	---	---
DL2-1806-63-2-4G	Acceptable	---	---	---	---
Resultado de examen Volumétrico alternativo (QW-191):	---	RT <input type="checkbox"/> o UT <input type="checkbox"/> (marcar uno)			
Soldadura de filete - Prueba de fractura(QW-181.2):	---	Longitud y porcentaje de Defectos: ---			
<input type="checkbox"/> Soldadura de filete en plancha[QW-462.4(b)]			<input type="checkbox"/> Soldadura de filete en tubería[QW-462.4(c)]		
Macro examen(QW-184):	----	Tamaño de filete:	----	Concavidad/Convexidad:	----
Otras Pruebas: ---					
Película o muestras evaluadas por:	Compañía:		Reporte No:		
Pruebas Mecánicas conducidas por:	HAUG S.A.		Prueba de Laboratorio No: HAUG/REDG-216-2019 ✓		
Soldadura supervisada por: Del Carpio Linares, Arturo					
Nosotros certificamos que los datos registrados son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y probadas de acuerdo a los requerimientos de la Sección IX del ASME – Boiler and Pressure Vessel Code – 2017.					
Fecha: 12/06/2019			Organización: HAUG S.A.		
			Certificado Por: Oscar Ventura Sosa		

ATWS **Andres Velazco Quevedo**
 CWI 11121981
 QC1 EXP. 12/1/2020



REGISTRO DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

HAUG / REDG

HOJA: 1 de 1

EMISION: 30/06/2011

REVISION: 1

Registro N°. HAUG/REDG-216-2019 ✓

PROYECTO: P-2110	LUGAR DE PRUEBA: Planta Lurin
REALIZADO POR: Del Carpio Linares, Arturo	FECHA DE ENSAYO: 12/06/2019
NORMA/CÓDIGO DE REFERENCIA: ASME IX Edicion 2017	MATERIAL BASE: A36
INSTRUMENTOS USADOS: Vernier ECMM-1066 ,Cinta Metrica EWMC-2270	ENSAYO REQUERIDO PARA: Calificación de soldadores

DATOS DE MUESTRAS/PROBETAS:

Item	Identificación	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo (mm)
1	DL1-1806-63-2-4G ✓	10	12.7	200
2	DL2-1806-63-2-4G ✓	10	12.7	200

RESULTADOS DEL ENSAYO:



Andres Velazco Quevedo
CWI- 11121981
QC1 EXP. 12/1/2020

Item	Identificación	Tipo de DobleZ	Discontinuidades	Resultado
1	DL1-1806-63-2-4G ✓	Lado	Ninguna	Conforme
2	DL2-1806-63-2-4G ✓	Lado	Ninguna	Conforme

Observaciones:

APROBACION FINAL:


.....
Mario Sanchez Pintado
QA/QC HAUG S.A.

12/06/2019

Control de Calidad – HAUG S.A.

Fecha



REGISTRO DE CALIFICACION DE DESEMPEÑO DE SOLDADOR

De acuerdo al código ASME - Sección IX

HAUG / WPQR

HOJA: 1 de 1

EMISION: 08/01/18

REVISION: 0

REGISTRO DE CALIFICACION DE SOLDADOR (WPQR)

Nombre del Soldador: **Ferro Quispe, Cater** No. Estampa: **HFC-1806** WPQR No.: **1806-04** DNI: **71290962**

DESCRIPCIÓN DE LA PRUEBA

Identificación de WPS seguido por el soldador: **63 Rev. 2** Probeta Soldadura Producción Fecha de Prueba: **12/06/2019**

Especificación y Tipo/grado o Numero de UNS del metal base: **SA 36** Espesor: **25.4 mm**

VARIABLES DE PRUEBA Y LIMITES DE CALIFICACIÓN

Variables de soldadura (QW-350)	Valor Usado en la Calificación	Rango Calificado		
Proceso de Soldadura:	FCAW	FCAW		
Tipo (manual, semiautomático) usado:	Semiautomático	Semiautomático		
Respaldo (Con, Sin):	Con respaldo	Con Respaldo		
<input checked="" type="checkbox"/> Plancha <input type="checkbox"/> Tubería (diámetro externo, si es tubería):	---	---		
Metal Base No. P a No. P	P No. 1 a P No. 1	P No. 1 a P No. 15F		
Especificación metal aporte o electrodo (SFA)	A5.20	---		
Clasificación metal aporte o electrodo :	E71T-1C	---		
Metal de aporte No. F:	F6	F6		
Inserto Consumible: (GTAW o PAW):	Ninguno	Ninguno		
Forma de Metal de aporte(Sólido/Metal o Fundente Tubular/polvo) (GTAW o PAW):	Tubular	Tubular		
Espesor depositado por cada proceso:				
Proceso 1 FCAW 3 capas mínimo Si <input checked="" type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	25.4mm	Ilimitado		
Proceso 2 --- 3 capas mínimo Si <input type="checkbox"/> No <input type="checkbox"/>	---	---		
Posición :	3G	Sold. Canal Plancha y Tubería	Sold. Canal Tubería	Sold. Filete o Apunt. Plancha y Tubería
		P, V (>610 mm D.E)	P (≥73mm ≤610 mm D.E)	P, H,V (Apunt. ≤ 25% Sold. Circunf)
Progresión vertical (ascendente/descendente):	Ascendente	Ascendente		
Tipo de gas combustible (OFW):	---	---		
Gas Inerte de respaldo (GTAW, PAW, GMAW):	---	---		
Modo de Transferencia (Spray/globular o pulsado a corto circuito-GMAW):	Spray	Spray		
Corriente Tipo/Polaridad - GTAW (AC, DCEP, DCEN):	DCEP(FCAW)			



Andres Velazco Quevedo
CWI 11121981
QC1 EXP. 12/1/2020

RESULTADOS

Inspección Visual de soldadura terminada(QW-302.4): **Acceptable**

Doblado Transversal de Cara y Raiz[QW-462.3(a)] Doblado Longitudinal[QW-462.3(b)] Doblado de Lado(QW-462.2)

Doblado de espécimen de Tubería, Recubrimiento de metal de soldadura Resistente a la corrosión[QW-462.5(c)]

Doblado de espécimen de Plancha, Recubrimiento de metal de soldadura Resistente a la corrosión[QW-462.5(d)]

Espécimen de Tubería, Prueba de Macro para la fusión [QW-462.5(b)] Espécimen de Plancha, Prueba de Macro para la fusión [QW-462.5(e)]

Tipo	Resultado	Tipo	Resultado	Tipo	Resultado
DL1-1806-63-2-3G	Acceptable	---	---	---	---
DL2-1806-63-2-3G	Acceptable	---	---	---	---

Resultado de examen Volumétrico alternativo (QW-191): --- RT o UT (marcar uno)

Soldadura de filete - Prueba de fractura(QW-181.2): --- Longitud y porcentaje de Defectos: ---

Soldadura de filete en plancha[QW-462.4(b)] Soldadura de filete en tubería[QW-462.4(c)]

Macro examen(QW-184): --- Tamaño de filete: --- Concavidad/Convexidad: ---

Otras Pruebas: ---

Película o muestras evaluadas por: Compañía: Reporte No:

Pruebas Mecánicas conducidas por: **HAUG S.A.** Prueba de Laboratorio No: **HAUG/REDG-215-2019**

Soldadura supervisada por: **Del Carpio Linares, Arturo**

Nosotros certificamos que los datos registrados son correctos y que las probetas fueron preparadas, soldadas y probadas de acuerdo a los requerimientos de la **Sección IX del ASME – Boiler and Pressure Vessel Code – 2017.**

Organización: **HAUG S.A.**

Fecha: **12/06/2019** Certificado Por: **Oscar Ventura Sosa**



REGISTRO DE ENSAYO DE DOBLEZ GUIADO

HAUG / REDG

HOJA: 1 de 1

EMISION: 30/06/2011

REVISION: 1

Registro N°. HAUG/REDG-215-2019 ✓

PROYECTO: P-2110	LUGAR DE PRUEBA: Planta Lurin
REALIZADO POR: Del Carpio Linares, Arturo	FECHA DE ENSAYO: 12/06/2019
NORMA/CÓDIGO DE REFERENCIA: ASME IX Edicion 2017	MATERIAL BASE: A36
INSTRUMENTOS USADOS: Vernier ECMM-1066 ,Cinta Metrica EWMC-2270	ENSAYO REQUERIDO PARA: Calificación de soldadores

DATOS DE MUESTRAS/PROBETAS:

Item	Identificación	Ancho (mm)	Espesor (mm)	Largo (mm)
1	DL1-1806-63-2-3G ✓	10	25.4	200
2	DL2-1806-63-2-3G ✓	10	25.4	200



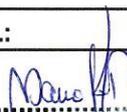
Andres Velazco Quevedo
CWI 11121981
QC1 EXP. 12/1/2020

RESULTADOS DEL ENSAYO:

Item	Identificación	Tipo de DobleZ	Discontinuidades	Resultado
1	DL1-1806-63-2-3G ✓	Lado	Ninguna	Conforme
2	DL2-1806-63-2-3G ✓	Lado	Ninguna	Conforme

Observaciones:

APROBACION FINAL:


Mario Sanchez Pintado
QA/QC HAUG S.A.

12/06/2019

Control de Calidad – HAUG S.A.

Fecha

A - PROCEED

SMI

Authorization to proceed does not relieve Contractor/Supplier of its responsibility or liability under the Contract and or Purchase Order.

By **Williams Merzthal** at Jan 18, 2019

DOCUMENT CONTROL - SITE
RECEIVED
WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS)
 (According to AWS D1.1 :2015)
 By: **Rancel Razzeto** Date: **15-Ene-19**

HAUG / WPS
 SHEET: 1 of 1
 EMISSION: March, 2016
 REVISION: 4

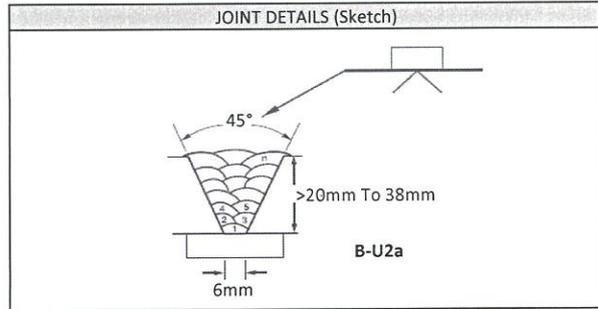
HAUG S.A.
 Company Name
Oscar Ventura
 Authorized by Date: **05/04/2016**

HAUG/WPS-716
 WPS No. **0** Date **05/04/2016**
 None (Prequalified) Rev. No. **No**
 Supporting PQR(s) CVN Report

BASE METALS	Specification	Type or Grade	AWS Group No.
Base Material	ASTM A36	-	II
welded To	ASTM A36	-	II
Backing Material	ASTM A36	-	I
Other			

BASE METALS THICKNESS	As-Welded	With PWHT
CJP Groove Welds	> 20mm to 38mm	-
CJP Groove w/CVN	-	-
PIP Groove Welds	-	-
Fillet Welds	-	-
DIAMETER	-	-

JOINT DETAILS	
Groove Type	Single V Groove Weld- Butt Joint
Groove Angle	45° Tol: +10° , -5°
Root Opening	6mm Tol: +6mm , -2mm
Root Face	-
Backgouging	None
Method	-



POSTWELD HEAT TREATMENT	
Temperature	None
Time at Temperature	-
Other	-

PROCEDURE	
Weld Layer(s)	All
Weld Pass(es)	All
Process	SMAW
Type(Semiautomatic,Mechanized,etc.)	Manual
Position	3G
Vertical progression	Up
Filler Metal (AWS Spec.)	A5.1
AWS Classification	E7018
Diameter	3.25mm
Manufacturer/Trade Name	-
Shielding Gas (Composition)	-
Flow Rate	-
Nozzle Size	-
Preheat Temperature	10°C minimum
Interpass Temperature	10°C -180°C
Electrical characteristics	-
Current Type & Polarity	DCEP
Transfer Mode	-
Power Source Type(cc,cv,etc.)	CC
Amps	110-130A
Volts	21-25V
Wire Feed Speed	-
Travel Speed	5-9.5 cm/min
Maximum Heat Input	-
Technique	-
Stringer or Weave	Stringer and Weave
Multi or Single Pass(per side)	Multi and Single
Oscillation(Mechanized/Automatic)	-
Number of Electrodes	1
Contact Tube to Work Distance	-
Peening	None
Interpass Cleaning	Brushing and grinding
Other	-

HAUG /WPS-716



Oscar Adalberto Ventura Sosa
Oscar Adalberto Ventura Sosa
 CWI 10011581
 QC1 EXP. 1/1/2019

A - PROCEED

SMI



A8TO Project A8TO-PDDM-CON-T-00872

DOCUMENT CONTROL - SITE

ISSUED

By: Rancel Razzeto Date: 31-Dic-18

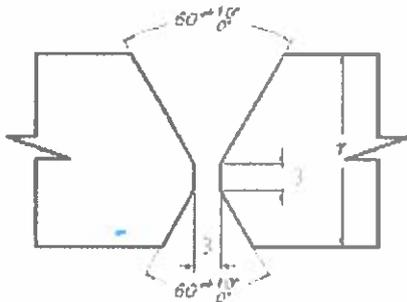
CC105-0010-PQR-Y-001_0



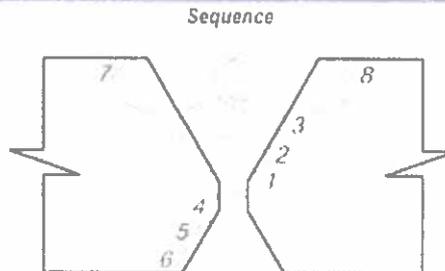
	PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)	
	(According to Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)	
	SHEET	12
	EMISSOR	22-01
REVISOR	2	

QW-483 - Registro de Condiciones actuales para Calificación de Procedimiento

Company Name: HAUG S.A
 Procedure Qualification Record N°: HAUG-PQR-001 Rev. 01 Date: 09 / February / 2009
 WPS N°: HAUG / WPS-001 Rev. 1
 Welding Process(es): SMAW (Shielded Metal Arc Welding)
 Types (Manual, Automatic, Semi Automatic): Manual
 JOINT (QW-402)



Units in mm
Groove Design Used



Oscillation: Pass 1 and 4 None
Other pass

BASE METAL (QW-403)
 Material Specification: ASTM A36
 Type or Grade: ...
 P.N.: 1 to P.N.: 1
 Thickness of Test Coupon: 25.0mm
 Diameter of Test Coupon: ...
 Other: ...

POSTWELD HEAT TREATMENT (QW-407)
 Temperature: ...
 Time: ...
 Other: ...

FILLER METALS (QW-404)
 SFA Specification: 5.1
 AWS Classification: E7018
 Filler Metal P.N.: 4
 Weld Metal Analysis A.N.: 1
 Size of Filler Metal: 3.25mm and 4.0mm
 Other: ...

GAS (QW-408)
 Type of Gas or Gases: ...
 Composition of Gas Mixture: ...
 Other: ...

ELECTRICAL CHARACTERISTICS (QW-409)
 Current: DC
 Polarity: Electrode (+)
 Amperes: 100 - 170 Volts: 22 - 26
 Other: ...

POSITION (QW-405)
 Position of Groove: 1G
 Weld Progression (Up or Down): ...
 Other: ...

TECHNIQUE (QW-410)
 Travel Speed: 8 - 16 cm/min
 String or Wave Bead: 1 and 4: String
2, 3, 5, 6, 7 and 8: Weave
 Oscillation: As indicate in above fig
 Multipass or Single Pass (one side): Multipass
 Single or Multiple Electrodes: Single
 Other: ...

PREHEAT (QW-406)
 Temp. Initial Before Welding Min: 10 °C
 Interpass Temp. Min: 10 °C
 Other: ...



ENSAYO DE TRACCION y COMPRESION

SOLICITADO POR: Haug

Reporte N°: TC -2009-020

MUESTRA PQR 001 - PQR 051

Fecha 2009-02-09

Codigo N°	Ancho mm	Sección Transversal		CARGAS		TENSIONES		Alargamiento % Lo
		Diametro / Espesor mm	Area mm ²	Fuerza N	Maxima N	Fuerza MPa	Maxima MPa	
PQR 001 -T1	18.93	25.09	474.95	-	245500	-	519.00	-
PQR 001 -T2	18.73	25.04	469.00	-	241500	-	514.93	-
PQR 051 -T1	19.16	25.06	480.15	-	250100	-	520.88	-
PQR 051 -T2	19.28	25.07	483.35	-	250400	-	518.05	-

OBSERVACIONES
LAS PROBETAS PRESENTAN ROTURA EN METAL BASE

Ing. Responsable
 Ronald Requijo V.
 CIP 101024

Norma de Ensayo : ASTM E 8M -05
 Norma Calificación
 Equipo usado : TINIUS OLSEN SUPER 1120
 Código Interno : LAB-E-41
 Temperatura de ensayo : 20 °C
 Nombre Operario : E Solis
 Las muestras han sido suministrado por el solicitante

Prohibida la reproducción total o parcial del reporte sin la autorización escrita del Laboratorio de SOLDEXA

Antig Panamericana Sur Km 38.5
 Lima -Peru

Telefono 315 7000 Anexo 2233





PROCEDURE QUALIFICATION RECORD (PQR)

(According to Section IX, ASME Boiler and Pressure Vessel Code)

HAUG - PQR - 001

SHEET	2/2
EMISSION	276167
REVISION	7

WELDING PROCESS

Pass	Process	Filler Metal		Current		Volt	Travel Speed (cm/min)	Other
		Class	Diam. (mm)	Type and Polarity	Amperes			
1	SMAW	E7018	3.25	DC (+)	100 - 110	22 - 25	8 - 10	
2	SMAW	E7018	4.00	DC (+)	160 - 170	24 - 26	10 - 12	
3	SMAW	E7018	4.00	DC (+)	160 - 170	24 - 26	10 - 12	
4	SMAW	E7018	3.25	DC (+)	120 - 130	23 - 26	12 - 14	
5	SMAW	E7018	4.00	DC (+)	160 - 170	23 - 26	14 - 16	
6	SMAW	E7018	4.00	DC (+)	150 - 160	23 - 26	12 - 14	
7	SMAW	E7018	4.00	DC (+)	150 - 160	23 - 26	14 - 16	
8	SMAW	E7018	4.00	DC (+)	150 - 160	23 - 26	14 - 16	

TENSILE TESTS (QW-150)

Specimen N°	Width (mm)	Thickness (mm)	Area (mm ²)	Ultimate Total Load (KN)	Ultimate Unit Stress (MPa)	Type of Failure & Location
HAUG PQR 01-T1	18.93	25.09	474.95	246.50	519.00	Out of weld
HAUG PQR 01-T2	18.73	25.04	469.00	241.50	514.93	Out of weld
...

GUIDED BEND TESTS (QW-160)

Type and Figure N°	Result	Type and Figure N°	Result
Side (HAUG PQR-01) - 1	Pass	Side (HAUG PQR-01) - 3	Pass
Side (HAUG PQR-01) - 2	Pass	Side (HAUG PQR-01) - 4	Pass
...

TOUGHNESS TESTS (QW-170)

Specimen N°	Notch Location	Specimen Size	Test Temp	Impact Values			Drop Weight Break (YIN)
				Ft Lbs	% Shear	Mils	
...
...
...
...

Observations

FILLET WELD TESTS (QW-180)

Result - Satisfactory Yes No Penetration into Parent Metal Yes No

Macro-Results

Other Tests

Type of Tests

Deposit Analysis

Others



ABELARDO E. ACOSTA AGUIRRE
CWI 06050221
QC1 EXP. 5/09

Welder's Name Sabino Aranda, Roberto

Stamp N° HFC-104

Test Conducted by Abelardo Acosta Aguirre

Laboratory Test N° TC-2009-020

We certify that statements in this record are correct and that the welds were prepared, welded and tested in accordance with the requirements of Section IX of the ASME Code 2007

Manufacturer HAUG S.A

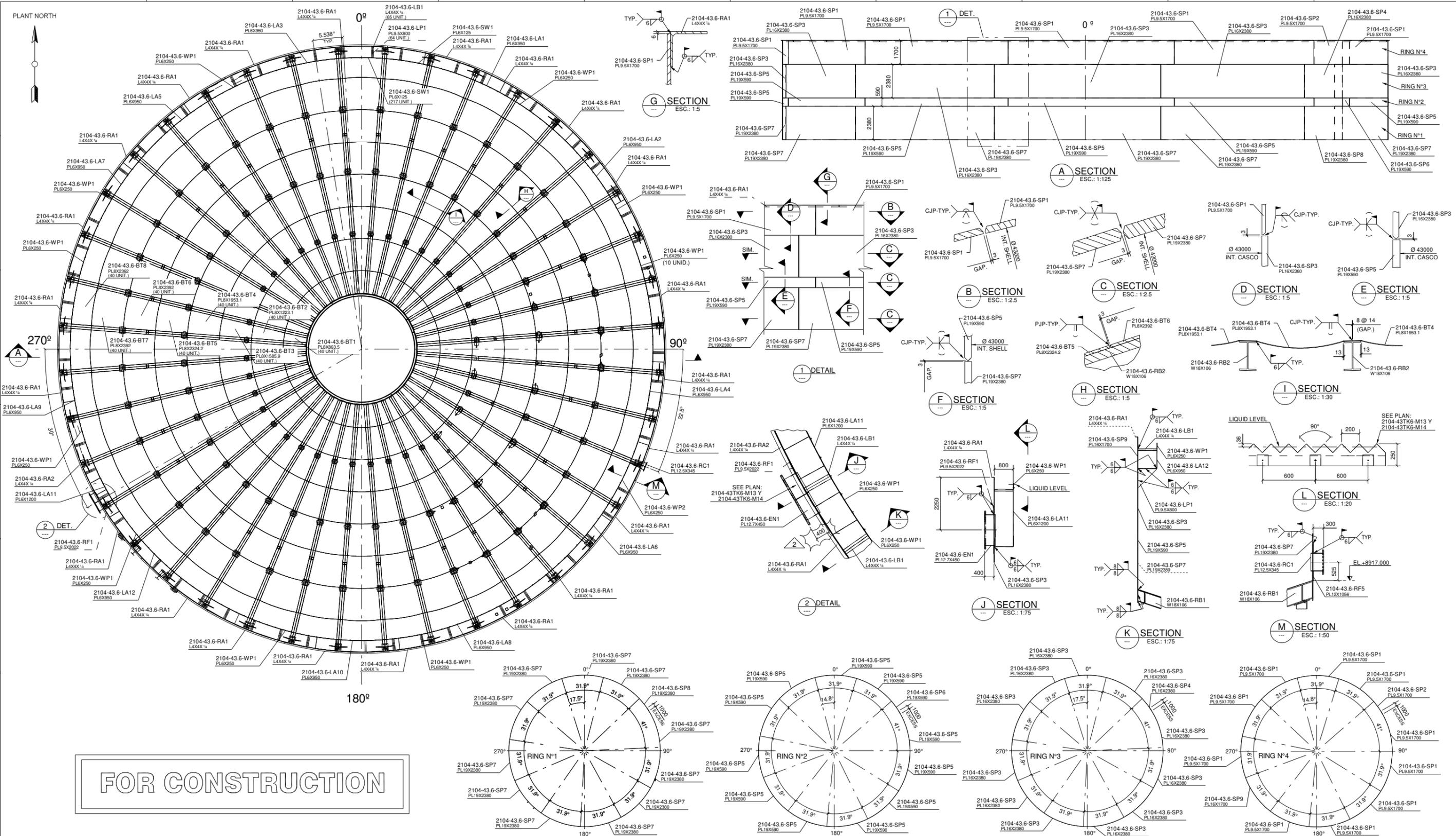
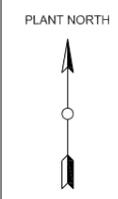
Prepared By Trinidad R. Zeña Raya

Date 09 - February - 2009

Authorized By Oscar Ventura Sosa

Anexo 4: Protocolos para liberación de calidad

Anexo 5: Planos de montaje en última revisión



FOR CONSTRUCTION

Rev. No.	DATE	REVIEWS	BY	CHEQ	SUPV.	J.P.	REFERENCE DOCUMENTS	NUMBER	NOTES
2	04/07/2019	MODIFIES NOTE	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			
1	14/05/2019	DETAILS ARE ADDED	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			
0	23/04/2019	ISSUED FOR CONSTRUCTION	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			
B	17/04/2019	ISSUED FOR APPROVAL	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			
A	17/04/2019	ISSUED FOR REVIEW	R.V.	S.Y.	R.E.	I.S.			

- 1) ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN MILLIMETERS (mm) S.I.C.
- 2) FOR WELDING NOT INDICATED WILL HAVE A MIN FILLET. 6mm. ELECTRODE E70XX / E60XX ACCORDING TO AWS.
- 3) ALL MATERIALS, "W" PROFILES WILL BE: ASTM STRUCTURAL STEEL A992 GR.50 (S.I.C.)
- 4) ALL MATERIALS, CONNECTION PLATES WILL BE: ASTM A-36 STRUCTURAL STEEL (S.I.C.)
- 5) MATERIAL FOR TUBES WILL BE: ASTM A-53 Gr.B (S.I.C.)
- 6) MATERIAL FOR RECTANGULAR TUBE HSS22X8X3/4 WILL BE: ASTM A709 / ASTM A572 Gr.50 (S.I.C.)
- 7) FOR THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS AT THE WORKSHOP, SEE THE DOCUMENTS: 1000024422 REV 1
- 8) FOR PAINT SPECIFICATIONS SEE DOCUMENT 560-00-GC-S-012-4

APPROVAL		SCALE: S/E	DATE
FLSMIDTH	DATE	DATE	DATE
GTE. PROJECT :		DATE	DATE
PROJECT MANAGER		DATE	DATE
Job No. 14277-17	PLAN NÚM. N°:	2561-43TK6-M01	

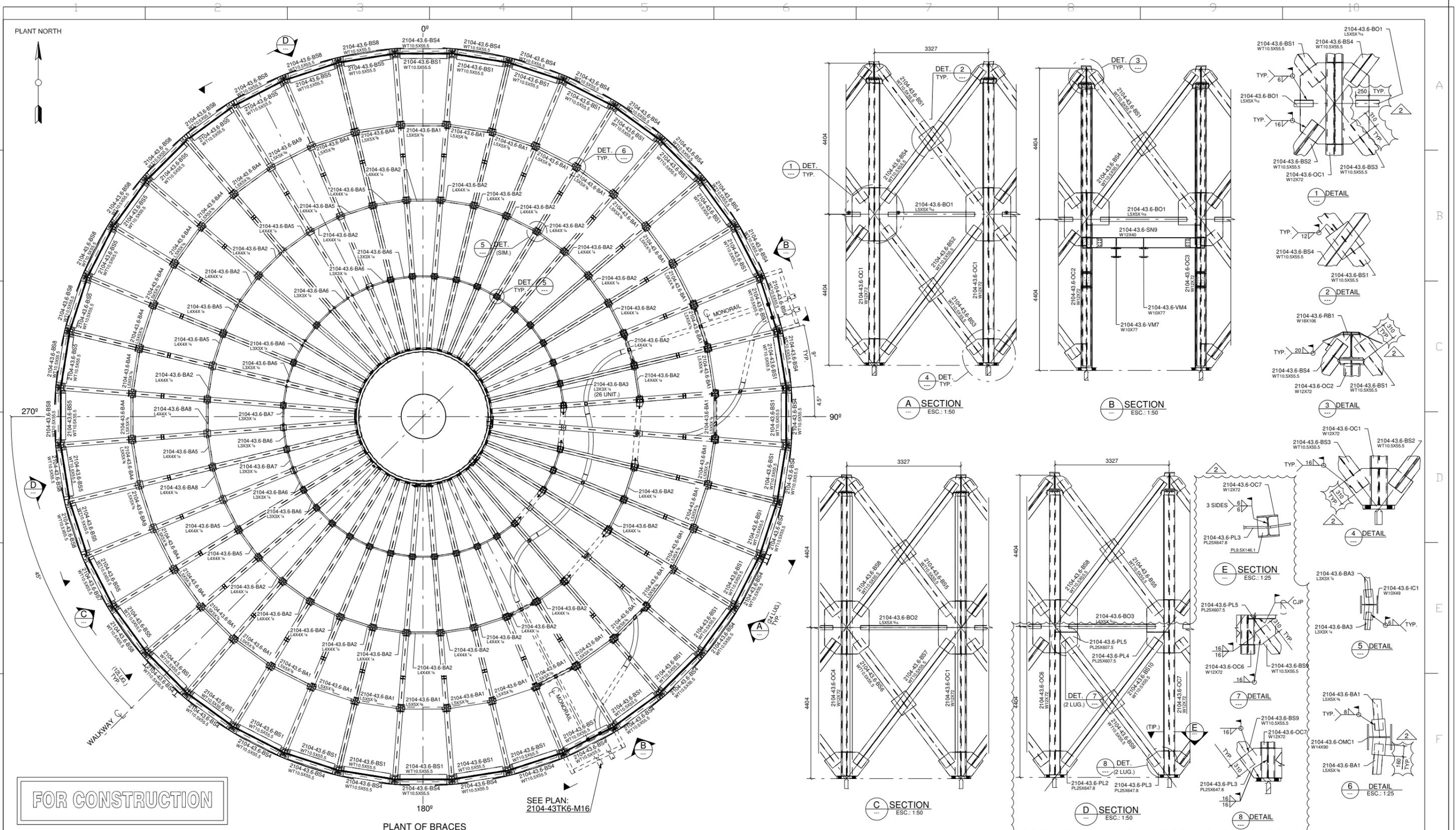
FLSMIDTH

TOROMOCHO PROJECT
BULK CONCENTRATE THICKENER
TAG: 2561-TK-006
43 M. DIA. C120P-6
SHELL PLATE, BOTTOM PLATE, LAUNDER, WEIR PLATE

DATE: 15/07/2019
ARCHIVE: 07/1/19

CLIENT PLAN: M085A-B005_2561-43TK6-M01

REV. 2



PLANT OF BRACES
ESC.: 1:100

A SECTION
ESC.: 1:50

B SECTION
ESC.: 1:50

C SECTION
ESC.: 1:50

D SECTION
ESC.: 1:50

E SECTION
ESC.: 1:25

Rev. No.	DATE	REVIEWS	BY.	CHEQ.	SUPV.	J.P.	REFERENCE DOCUMENTS	NUMBER	NOTES
2	04/07/2019	SECTIONS ARE ADDED	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			1) ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN MILLIMETERS (mm) S.I.C.
1	17/05/2019	MARKS ARE ADDED	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			2) FOR WELDING NOT INDICATED WILL HAVE A MIN FILLET, 6mm. ELECTRODE E70XX / E60XX ACCORDING TO AWS.
0	23/04/2019	ISSUED FOR CONSTRUCTION	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			3) ALL MATERIALS, "W" PROFILES WILL BE: ASTM STRUCTURAL STEEL A992 GR.50 (S.I.C.)
B	17/04/2019	ISSUED FOR APPROVAL	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			4) ALL MATERIALS, CONNECTION PLATES WILL BE: ASTM A-36 STRUCTURAL STEEL (S.I.C.)
A	17/04/2019	ISSUED FOR REVIEW	R.V.	S.Y.	R.E.	I.S.			5) MATERIAL FOR TUBES WILL BE: ASTM A-53 Gr.B (S.I.C.)

- 1) ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN MILLIMETERS (mm) S.I.C.
- 2) FOR WELDING NOT INDICATED WILL HAVE A MIN FILLET, 6mm. ELECTRODE E70XX / E60XX ACCORDING TO AWS.
- 3) ALL MATERIALS, "W" PROFILES WILL BE: ASTM STRUCTURAL STEEL A992 GR.50 (S.I.C.)
- 4) ALL MATERIALS, CONNECTION PLATES WILL BE: ASTM A-36 STRUCTURAL STEEL (S.I.C.)
- 5) MATERIAL FOR TUBES WILL BE: ASTM A-53 Gr.B (S.I.C.)
- 6) MATERIAL FOR RECTANGULAR TUBE HSS22X8X3/4 WILL BE: ASTM A709 / ASTM A572 Gr.50 (S.I.C.)
- 7) FOR THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS AT THE WORKSHOP, SEE THE DOCUMENTS: 1000024428 REV 1 1000024422 REV 1
- 8) FOR PAINT SPECIFICATIONS SEE DOCUMENT 560-00-GC-S-012-4

APPROVAL		SCALE: SE	DATE
FLSMIDTH	DATE	LG	12/12/16
GTE. PROJECT		R.E.	12/12/16
PROJECT MANAGER		HEAD OF ENGINEERING	12/12/16
		PROJECT SUPERVISOR	12/12/16

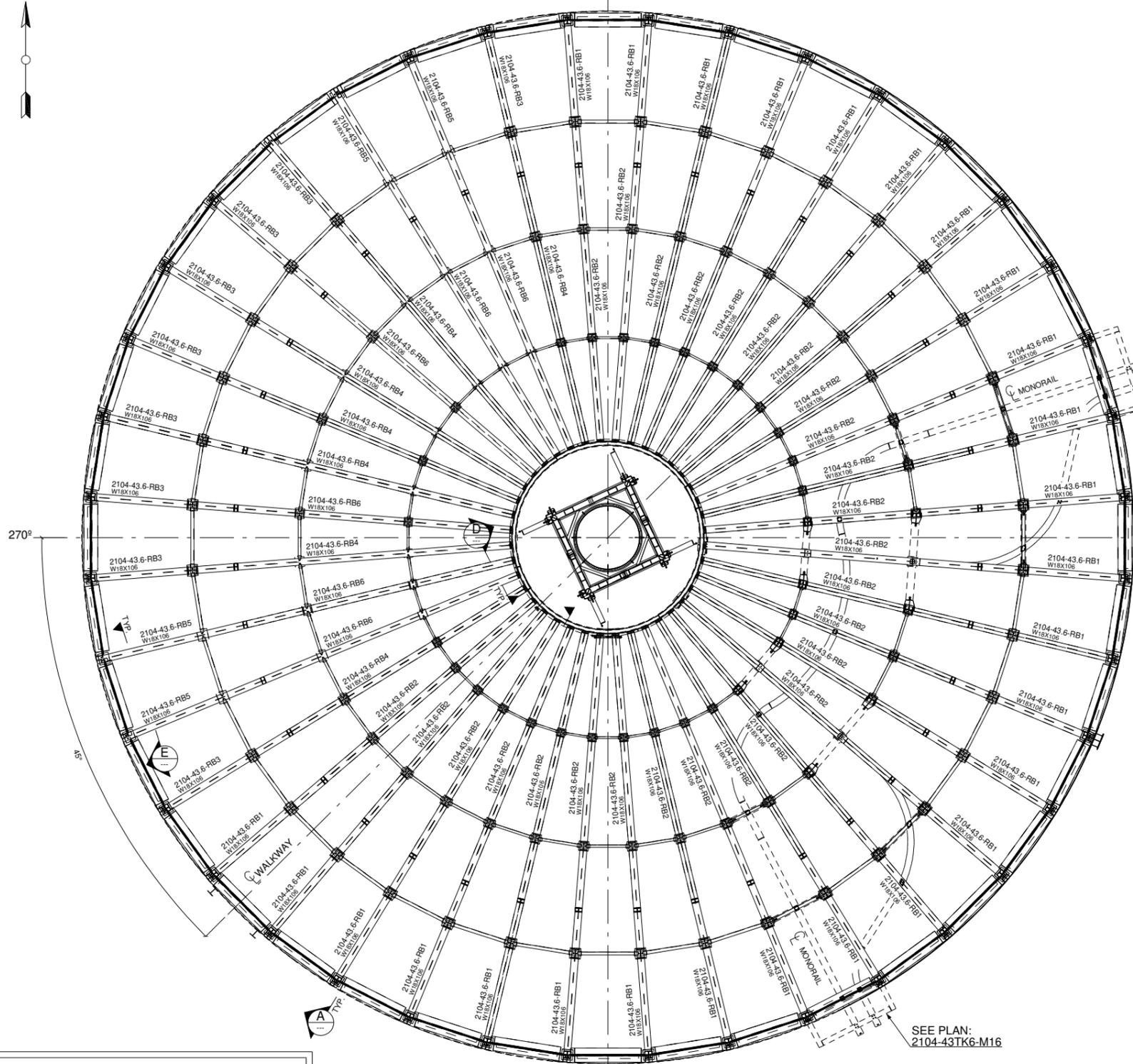
FLSMIDTH

TOROMOCHO PROJECT
BULK CONCENTRATE THICKENER
TAG: 2561-TK-006
43 M. DIA. C120P-6
PLANT AND ELEVATION OF BRACES

Job No. 14277-17 2561-43TK6-M03 A1 M085A-B005_2561-43TK6-M03 REV 2

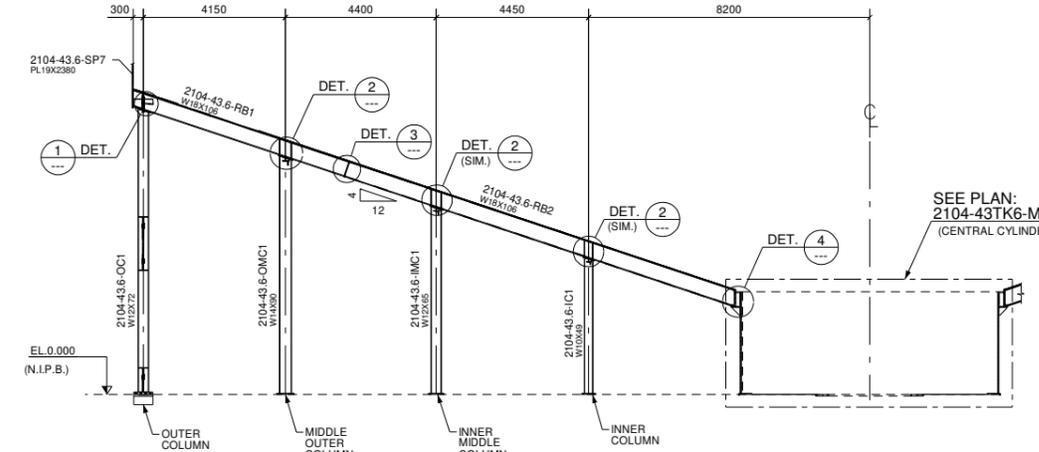
DATE ARCHIVE: 15/07/2019 HOUR: 11:50:12 USER: guardam

PLANT NORTH

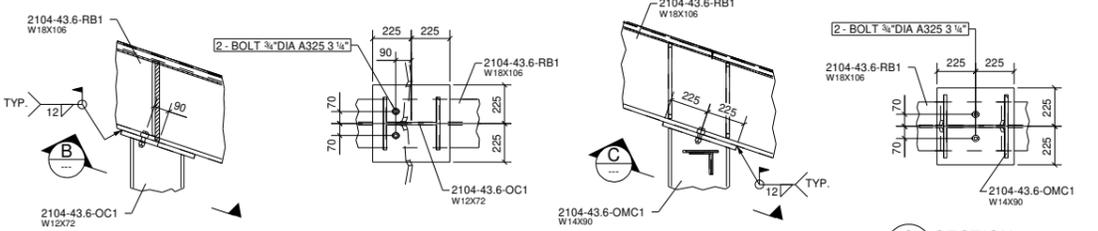


SEE PLAN: 2104-43TK6-M16

PLANT - RADIALS BEAMS
ESC.: 1:100



A SECTION
ESC.: 1:100

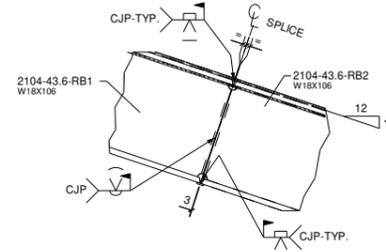


1 DETAIL

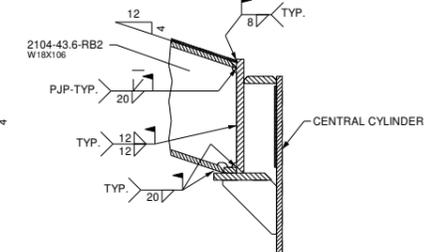
B SECTION
ESC.: 1:20

2 DETAIL

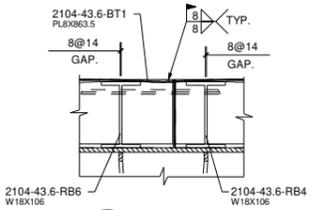
C SECTION
ESC.: 1:20



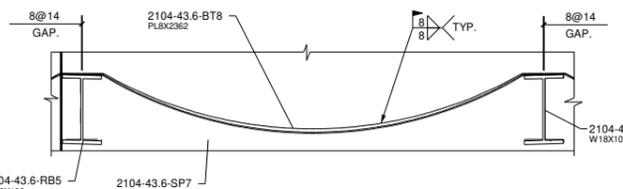
3 DETAIL



4 DETAIL



D SECTION
ESC.: 1:25



E SECTION
ESC.: 1:25

FOR CONSTRUCTION

Rev. No.	DATE	REVIEWS	BY	CHEQ	SUPV.	J.P.	REFERENCE DOCUMENTS	NUMBER	NOTES
2	04/07/2019	MODIFIES NOTE	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			
1	14/05/2019	DETAILS ARE ADDED	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			
0	23/04/2019	ISSUED FOR CONSTRUCTION	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			
B	17/04/2019	ISSUED FOR APPROVAL	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			
A	17/04/2019	ISSUED FOR REVIEW	R.V.	S.Y.	R.E.	I.S.			

- 1) ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN MILLIMETERS (mm) S.I.C.
- 2) FOR WELDING NOT INDICATED WILL HAVE A MIN FILLET. 6mm. ELECTRODE E70XX / E60XX ACCORDING TO AWS.
- 3) ALL MATERIALS, "W" PROFILES WILL BE: ASTM STRUCTURAL STEEL A992 GR.50 (S.I.C.)
- 4) ALL MATERIALS, CONNECTION PLATES WILL BE: ASTM A-36 STRUCTURAL STEEL (S.I.C.)
- 5) MATERIAL FOR TUBES WILL BE: ASTM A-53 GR. B (S.I.C.)
- 6) MATERIAL FOR RECTANGULAR TUBE HSS22X8X3/4 WILL BE: ASTM A709 / ASTM A572 Gr.50 (S.I.C.)
- 7) FOR THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS AT THE WORKSHOP, SEE THE DOCUMENTS: 1000024422 REV 1
- 8) FOR PAINT SPECIFICATIONS SEE DOCUMENT 560-00-GC-S-012-4

APPROVAL		SCALE:	S/E	DATE
CLIENT	FLSMIDTH	DATE		12/12/16
GTE. PROJECT :		DATE		12/12/16
PROJECT MANAGER		DATE		12/12/16
PLANNING N.		DATE		12/12/16

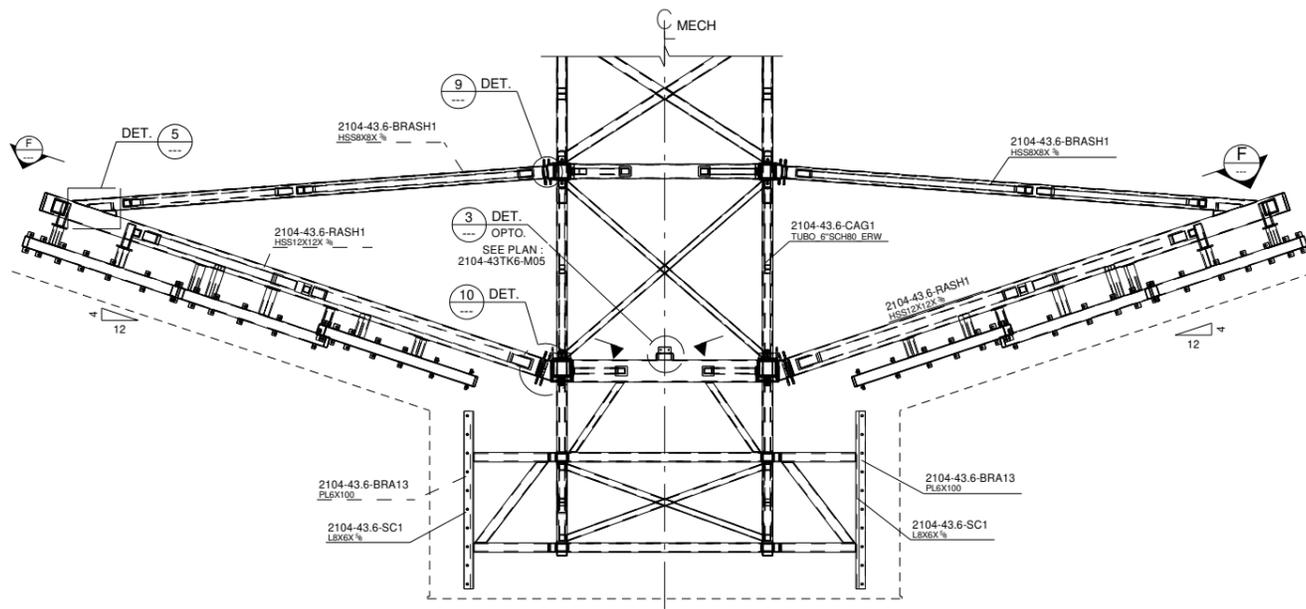
FLSMIDTH

TOROMOCHO PROJECT
BULK CONCENTRATE THICKENER
TAG: 2561-TK-006
43 M. DIA. C120P-6
PLANT RADIAL BEAMS ELEV. AND DETAILS

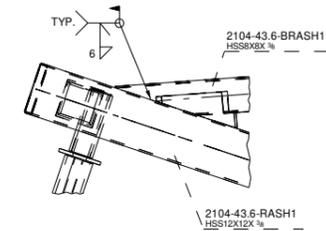
CLIENT PLAN: M085A-B005_2561-43TK6-M04

Job No. 14277-17 | PLAN TAG N.: 2561-43TK6-M04

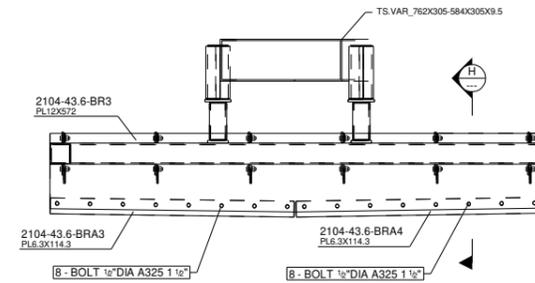
DATE: 15/07/2019 | HOUR: 11:50:29 | USER: jguardian



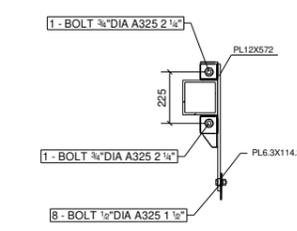
B SECTION
ESC.: 1:55



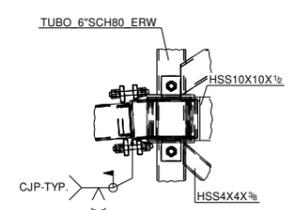
5 DETAIL



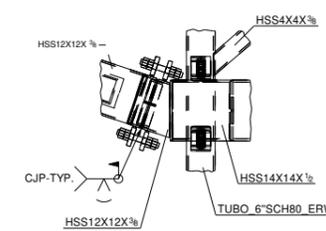
G SECTION
ESC.: 1:25



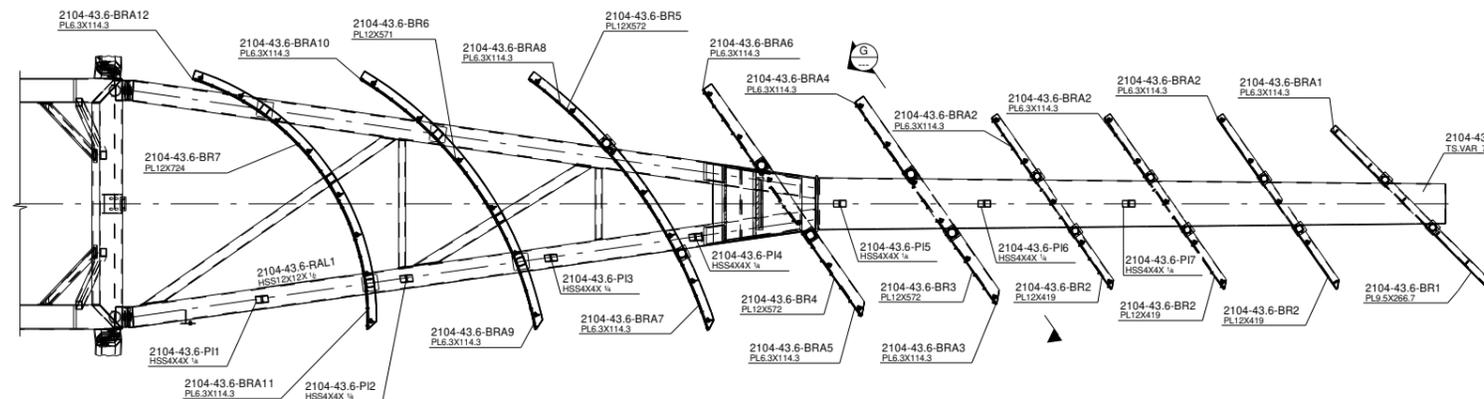
H SECTION
ESC.: 1:15



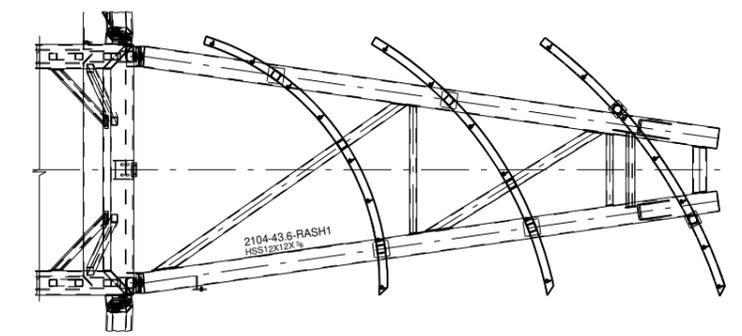
9 DETAIL



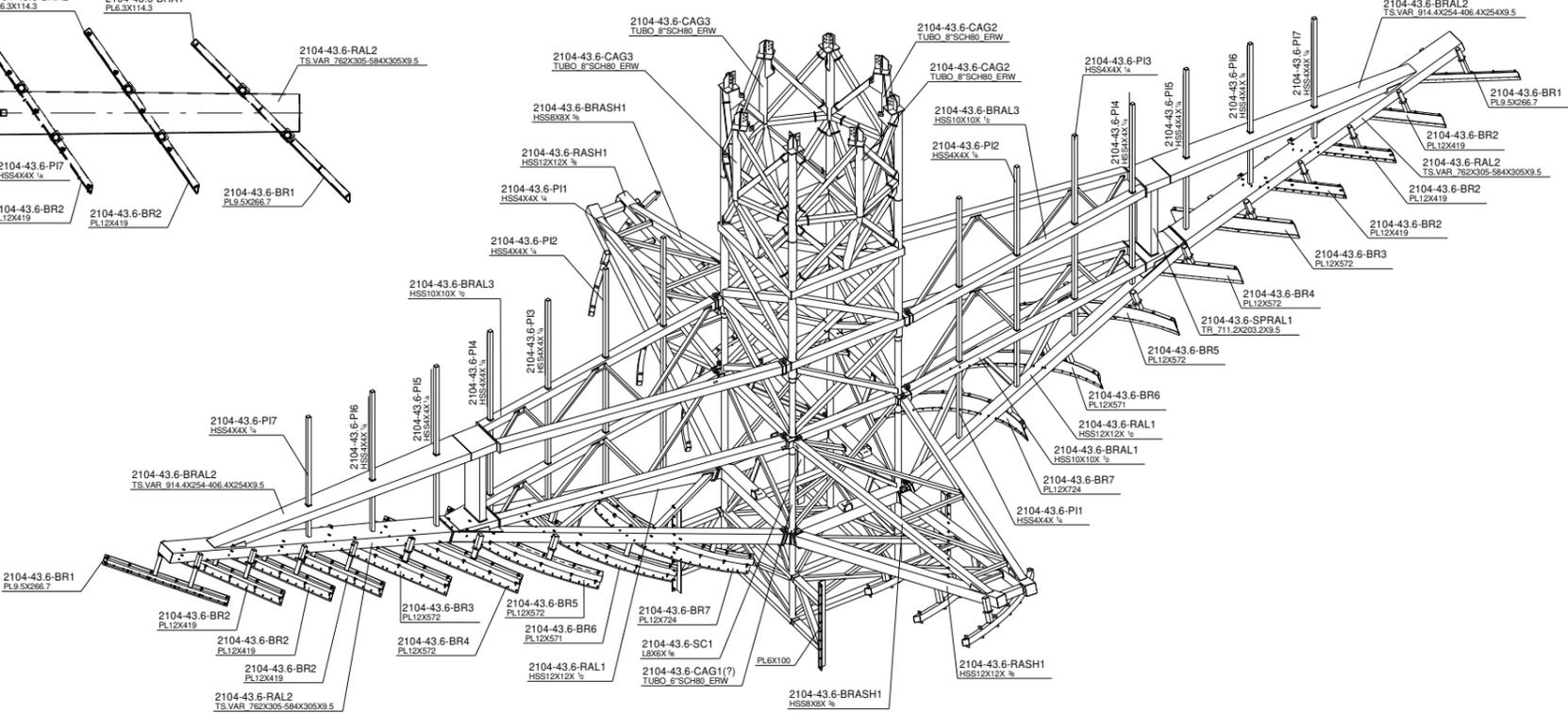
10 DETAIL



E SECTION
ESC.: 1:50



F SECTION
ESC.: 1:50



ISOMETRIC

FOR CONSTRUCTION

Rev. No.	DATE	REVIEWS	BY	CHEQ	SUPV.	J.P.
2	04/07/2019	MODIFIES NOTE	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.
1	17/05/2019	MARKS ARE ADDED	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.
0	23/04/2019	ISSUED FOR CONSTRUCTION	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.
B	17/04/2019	ISSUED FOR APPROVAL	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.
A	16/04/2019	ISSUED FOR REVIEW	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.

REFERENCE DOCUMENTS	NUMBER	NOTES
1) ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN MILLIMETERS (mm) S.I.C.		
2) FOR WELDING NOT INDICATED WILL HAVE A MIN FILLET. 6mm. ELECTRODE E70XX / E60XX ACCORDING TO AWS.		
3) ALL MATERIALS, "W" PROFILES WILL BE: ASTM STRUCTURAL STEEL A992 GR.50 (S.I.C.)		
4) ALL MATERIALS, CONNECTION PLATES WILL BE: ASTM A-36 STRUCTURAL STEEL (S.I.C.)		
5) MATERIAL FOR TUBES WILL BE: ASTM A-53 Gr.B (S.I.C.)		
6) MATERIAL FOR RECTANGULAR TUBE HSS22X8X3/4 WILL BE: ASTM A709 / ASTM A572 Gr.50 (S.I.C.)		
7) FOR THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS AT THE WORKSHOP, SEE THE DOCUMENTS: 1000024422-REV 1		
8) FOR PAINT SPECIFICATIONS SEE DOCUMENT 560-00-GC-S-012-4		

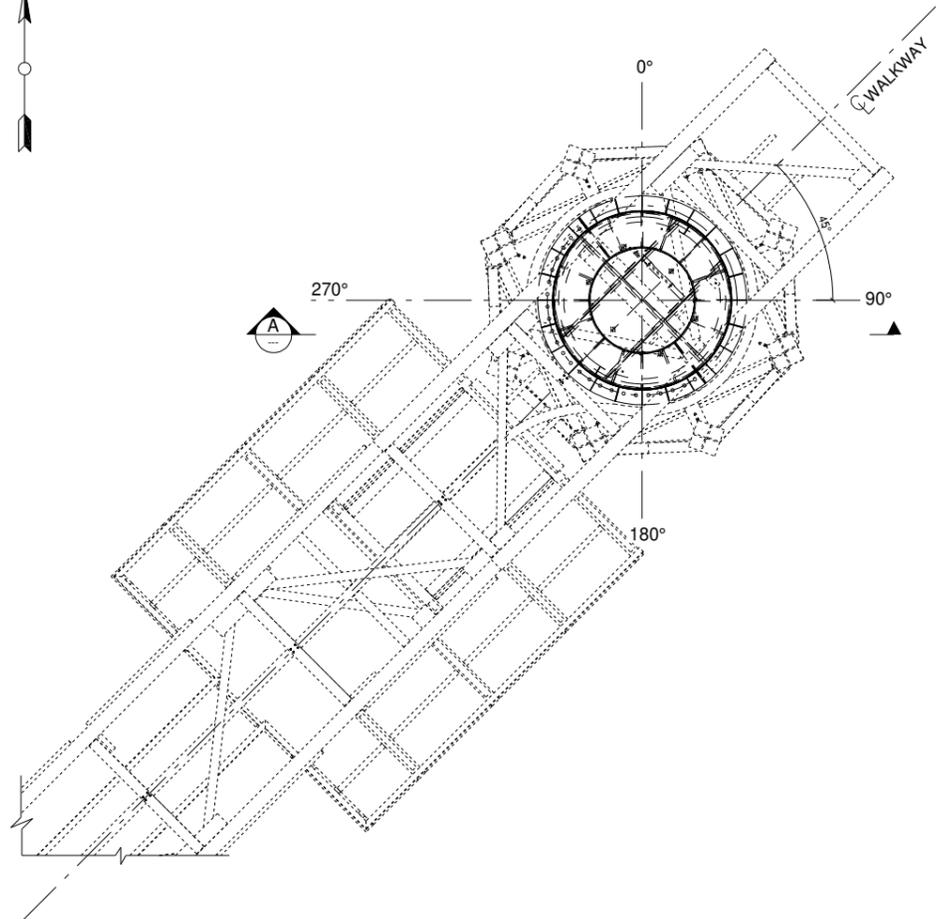
APPROVAL		SCALE: S/E	DATE
FLSMIDTH	DATE		
GTE. PROJECT :		HEAD OF ENGINEERING: ---	
PROJECT MANAGER		PROJECT SUPERVISOR: ---	
Job No. 14277-17	PLAN NÚM.: 2561-43TK6-M06	Size A1	REV. 2

FLSMIDTH

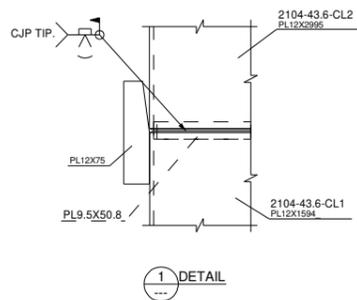
TOROMOCHO PROJECT
BULK CONCENTRATE THICKENER
 TAG: 2561-TK-006
 43 M. DIA. C120P-6
 LONG RAKE ARMS & SHORT RAKE ARMS

DATE: 15/07/2019
 ARCHIVE: 07:10:19
 HOUR: 11:51:09
 USER: jguardian

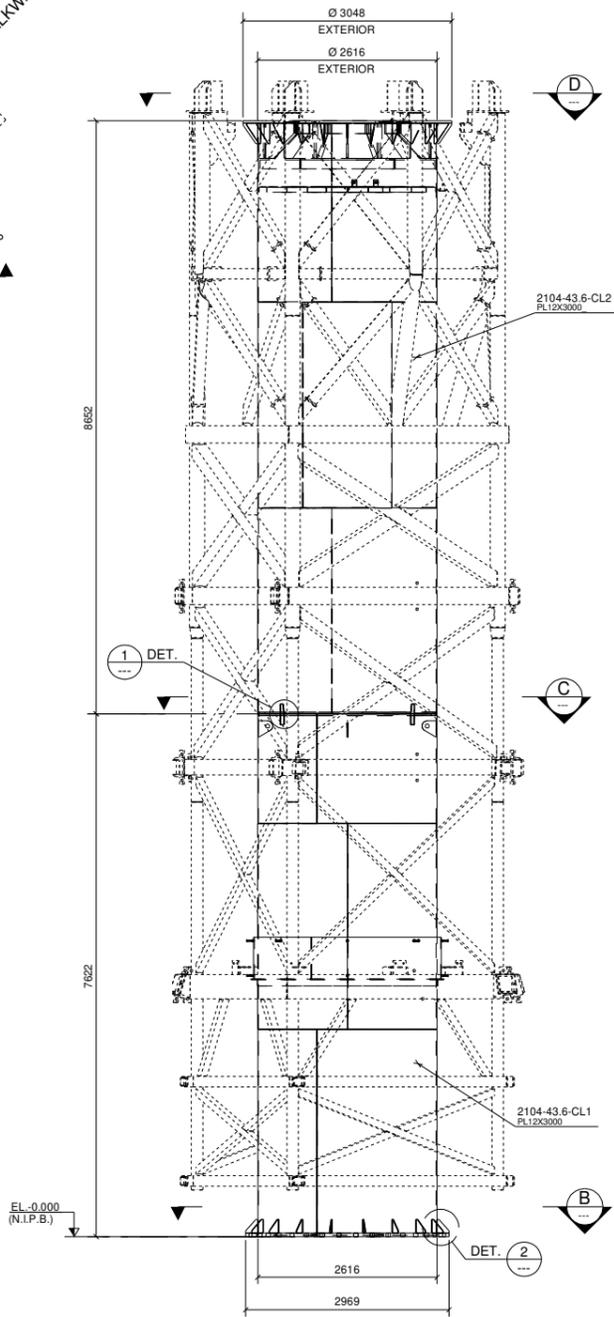
PLANT NORTH



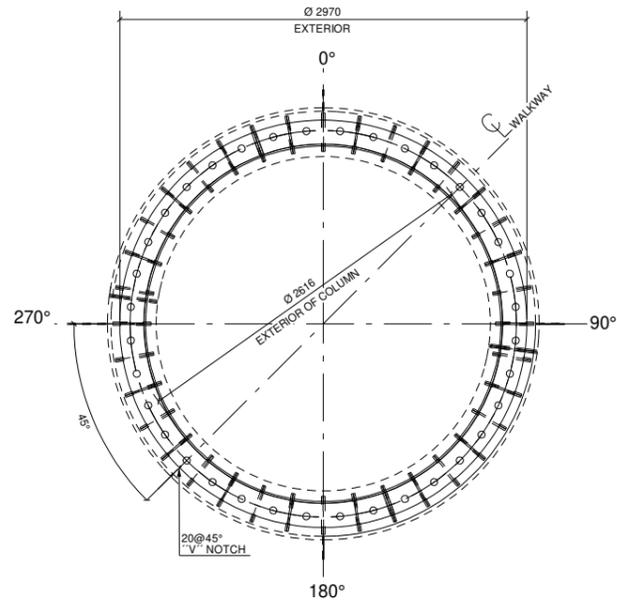
PLANT - COLUMN LOWER & COLUMN UPPER



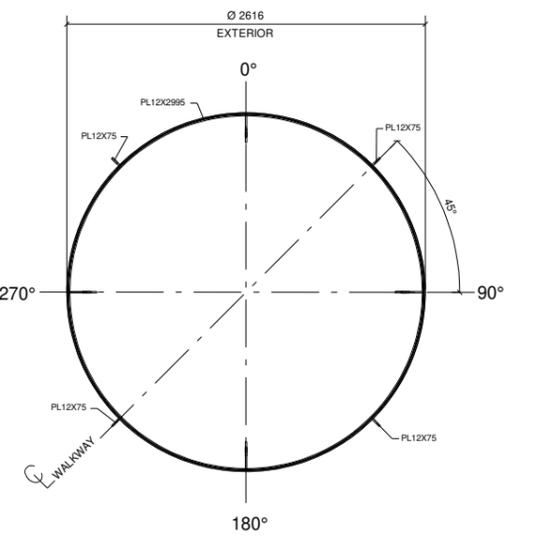
1 DETAIL



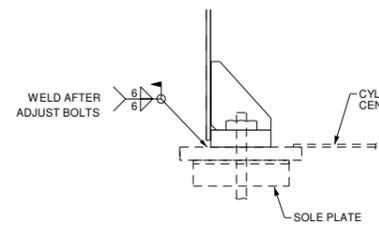
A SECTION ESC.: 1:50



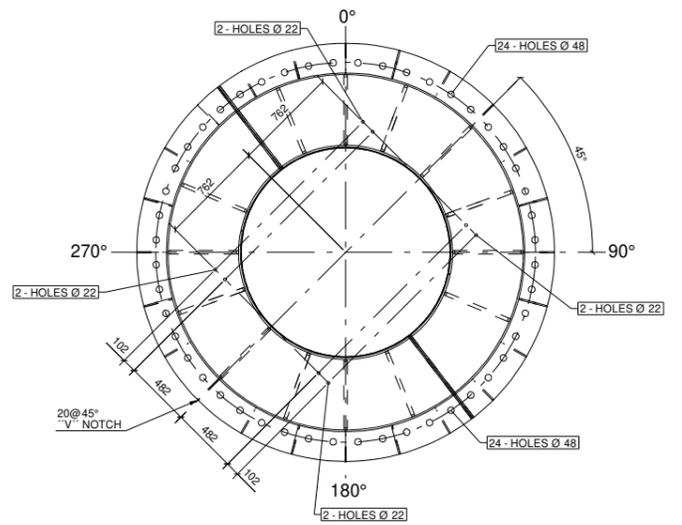
B SECTION ESC.: 1:25



C SECTION ESC.: 1:25



2 DETAIL ESC.: 1:10



D SECTION ESC.: 1:25

FOR CONSTRUCTION

Rev. No.	DATE	REVIEWS	BY.	CHEQ.	SUPV.	J.P.	REFERENCE DOCUMENTS	NUMBER	NOTES
1	04/07/2019	MODIFIES NOTE	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			
0	23/04/2019	ISSUED FOR CONSTRUCTION	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			
B	17/04/2019	ISSUED FOR APPROVAL	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			
A	17/04/2019	ISSUED FOR REVIEW	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			

- 1) ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN MILLIMETERS (mm) S.I.C.
- 2) FOR WELDING NOT INDICATED WILL HAVE A MIN FILLET. 6mm. ELECTRODE E70XX / E60XX ACCORDING TO AWS.
- 3) ALL MATERIALS, "W" PROFILES WILL BE: ASTM STRUCTURAL STEEL A992 GR.50 (S.I.C.)
- 4) ALL MATERIALS, CONNECTION PLATES WILL BE: ASTM A-36 STRUCTURAL STEEL (S.I.C.)
- 5) MATERIAL FOR TUBES WILL BE: ASTM A-53 Gr.B (S.I.C.)
- 6) MATERIAL FOR RECTANGULAR TUBE HSS22X8X3 / 4 WILL BE: ASTM A709 / ASTM A572 Gr.50 (S.I.C.)
- 7) FOR THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS AT THE WORKSHOP, SEE THE DOCUMENTS: 1000024422-REV 1 1000024422 REV 1
- 8) FOR PAINT SPECIFICATIONS SEE DOCUMENT 560-00-GC-S-012-4

APPROVAL	SCALE: S/E	DATE
FLSMIDTH		
GTE. PROJECT :		
PROJECT MANAGER	PLAN NÚM. N.:	2561-43TK6-M07
Job No. 14277-17		

FLSMIDTH

TOROMOCHO PROJECT
BULK CONCENTRATE THICKENER
TAG: 2561-TK-006
43 M. DIA. C120P-6
COLUMN LOWER & COLUMN UPPER

CLIENT PLAN N. M085A-B005_2561-43TK6-M07

Size **A1** REV. **1**

DATE: 15.07.2019
ARCHIVE: 07.10.19
HOUR: 11:51:25
USER: jguardian

PLANT NORTH



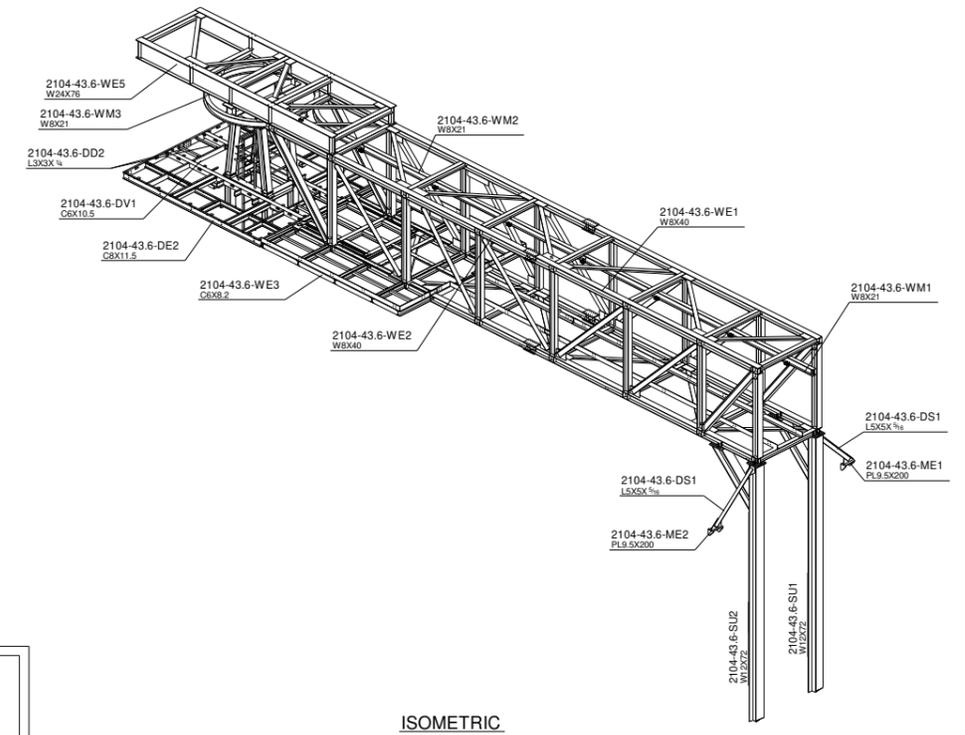
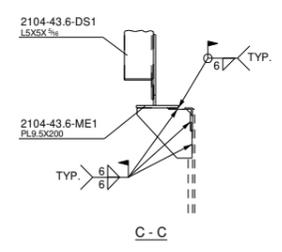
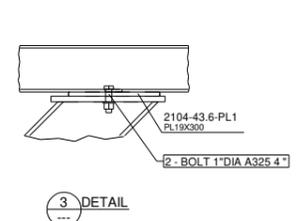
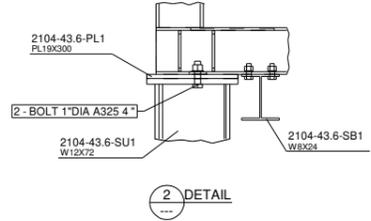
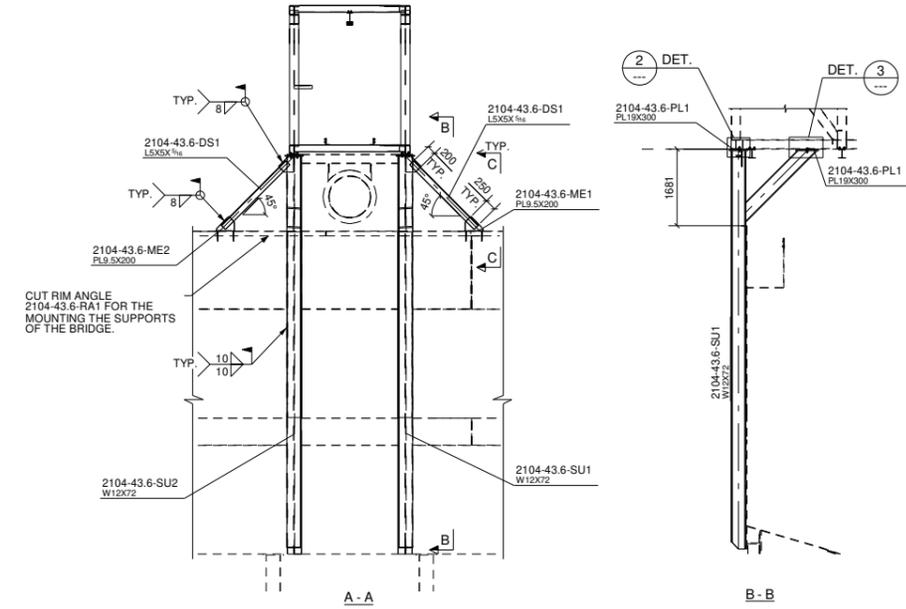
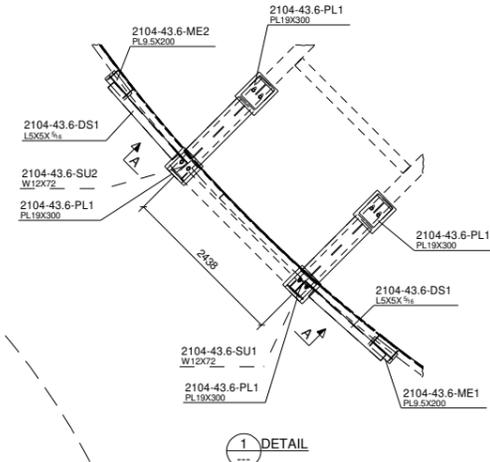
0°

270°

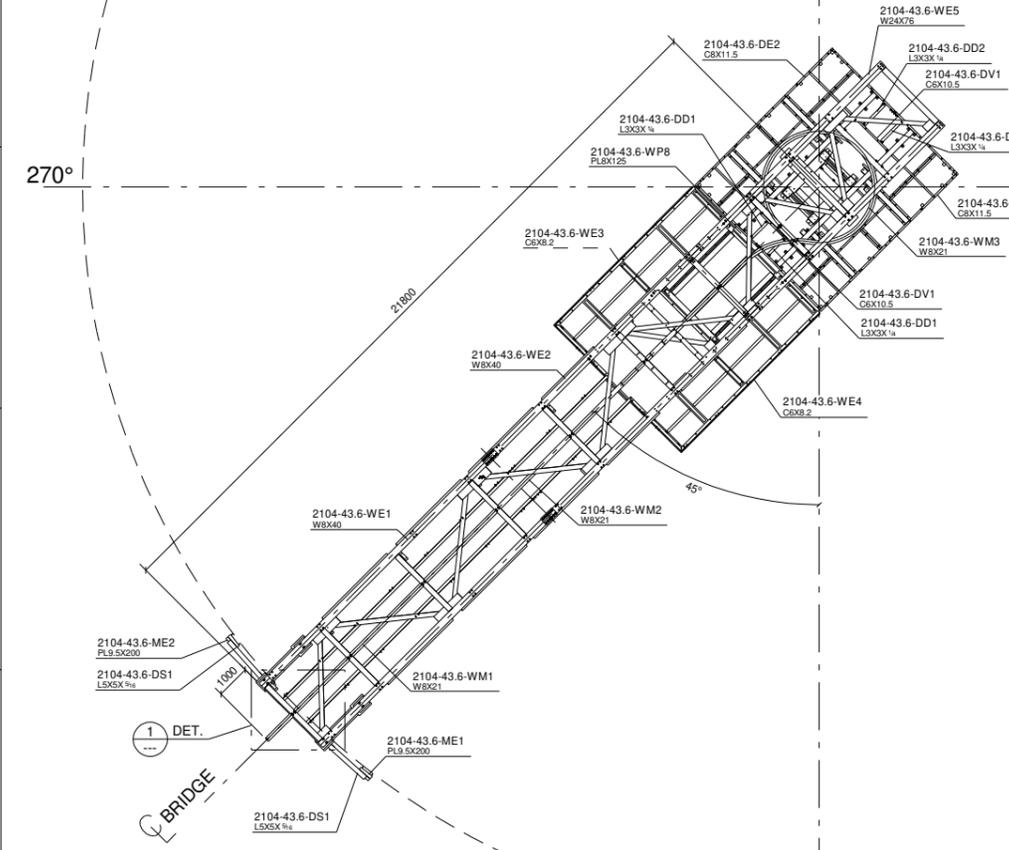
90°

180°

FOR CONSTRUCTION



ISOMETRIC



Rev. No.	DATE	REVIEWS	BY	CHEQ	SUPV	J.P.	REFERENCE DOCUMENTS	NUMBER	NOTES
2	04/07/2019	MODIFIES NOTE	I.G	S.Y	R.E	I.S			
1	17/05/2019	MARKS ARE ADDED	I.G	S.Y	R.E	I.S			
0	23/04/2019	ISSUED FOR CONSTRUCTION	C.A	S.Y	R.E	I.S			
B	17/04/2019	ISSUED FOR APPROVAL	C.A	S.Y	R.E	I.S			
A	17/04/2019	ISSUED FOR REVIEW	I.G	S.Y	R.E	I.S			

- 1) ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN MILLIMETERS (mm) S.I.C.
- 2) FOR WELDING NOT INDICATED WILL HAVE A MIN FILLET. 6mm. ELECTRODE E70XX / E60XX ACCORDING TO AWS.
- 3) ALL MATERIALS, "W" PROFILES WILL BE: ASTM STRUCTURAL STEEL A992 GR.50 (S.I.C.)
- 4) ALL MATERIALS, CONNECTION PLATES WILL BE: ASTM A-36 STRUCTURAL STEEL (S.I.C.)
- 5) MATERIAL FOR TUBES WILL BE: ASTM A-53 Gr.B (S.I.C.)
- 6) MATERIAL FOR RECTANGULAR TUBE HSS22X8X3 / 4 WILL BE: ASTM A709 / ASTM A572 Gr.50 (S.I.C.)
- 7) FOR THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS AT THE WORKSHOP, SEE THE DOCUMENTS: 1000024422-REV 1
- 8) FOR PAINT SPECIFICATIONS SEE DOCUMENT 560-00-GC-S-012-4

APPROVAL		SCALE: S/E	DATE
FLSMIDTH	DATE		
GTE. PROJECT :		HEAD OF ENGINEERING: ---	PROJECT SUPERVISOR: ---
PROJECT MANAGER		PLAN NÚM. N: 2561-43TK6-M08	

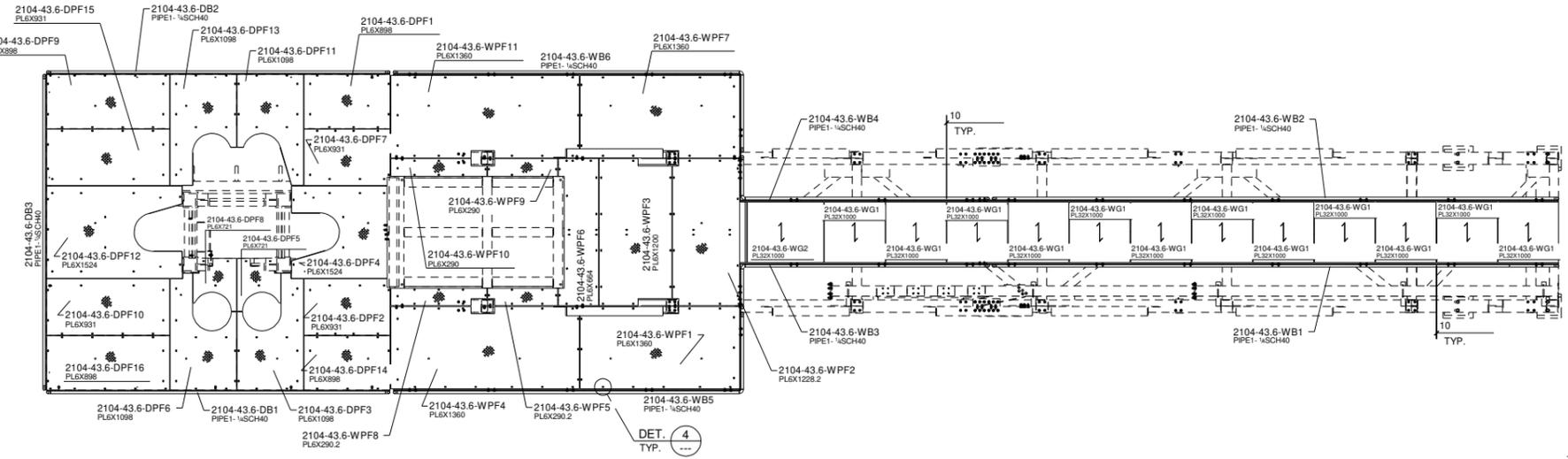
FLSMIDTH

TOROMOCHO PROJECT
BULK CONCENTRATE THICKENER
TAG: 2561-TK-006
43 M. DIA. C120P-6
PLANT SUPERSTRUCTURE, PLATFORMS Y MONORAIL.

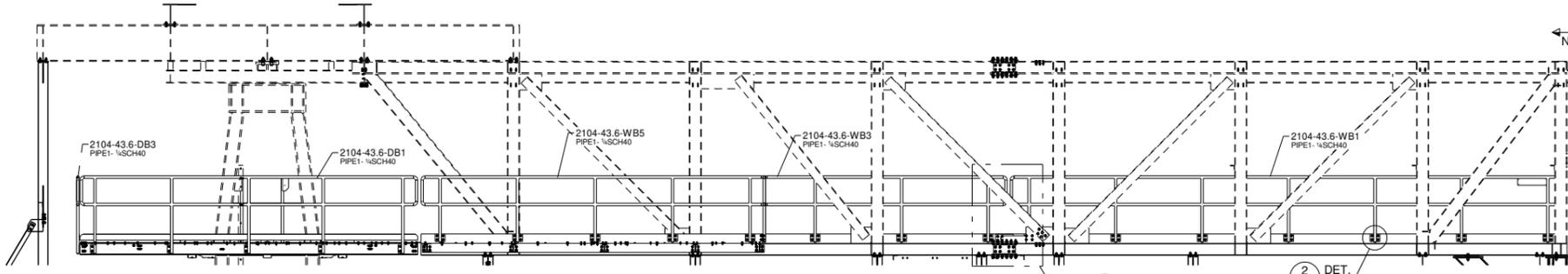
Client Plan N: M085A-B005_2561-43TK6-M08

Size: A1

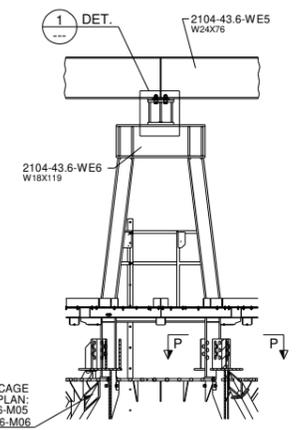
Rev: 2



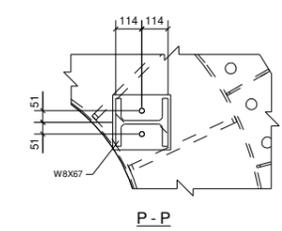
PLANT - GRATING & HANDRAILS



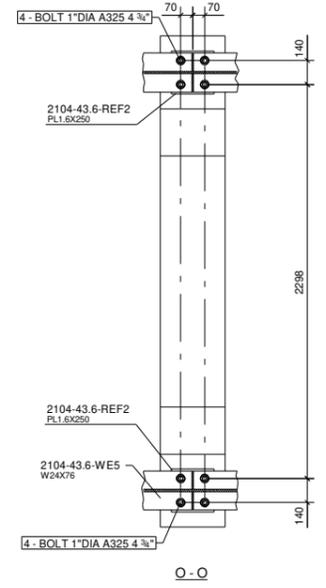
ELEVATION - GRATING & HANDRAILS



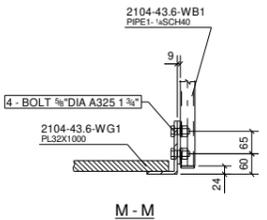
1 DET. MO8



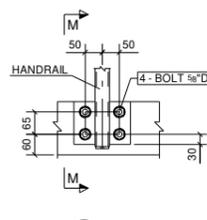
2 DET. MO8



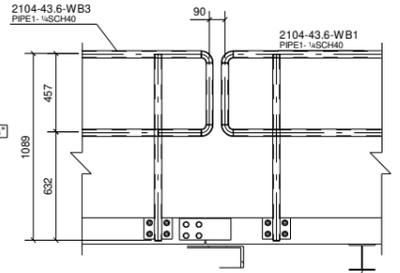
3 DET. MO8



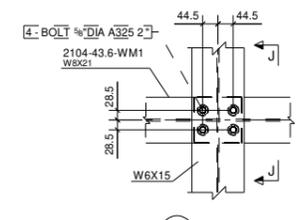
4 DET. MO8



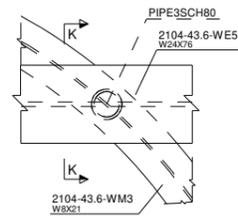
5 DET. MO8



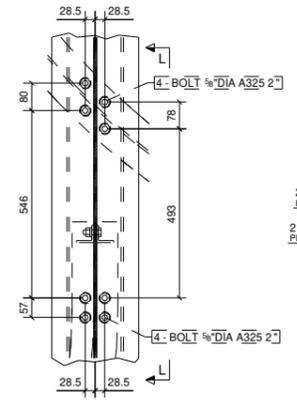
6 DET. MO8



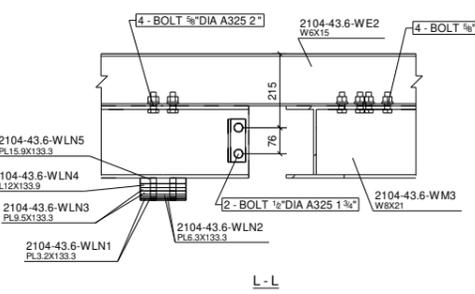
7 DET. MO8



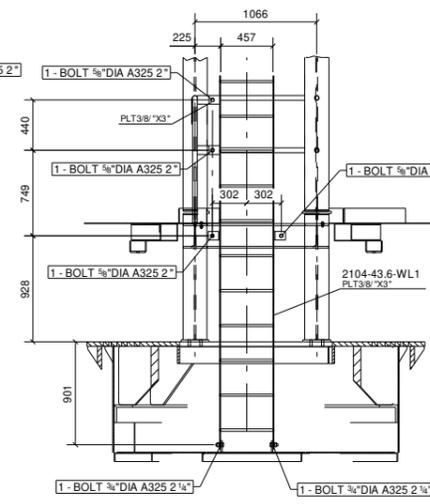
8 DET. MO8



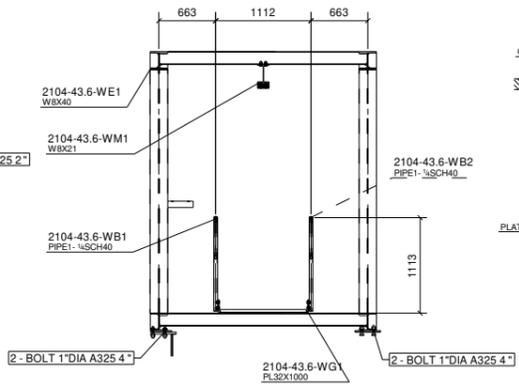
9 DET. MO8



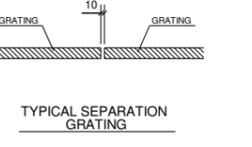
10 DET. MO8



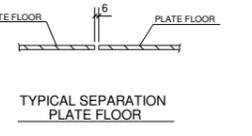
11 DET. MO8



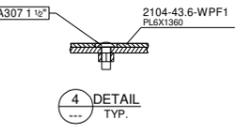
12 DET. MO8



13 DET. MO8



14 DET. MO8



15 DET. MO8

FOR CONSTRUCTION

Rev. No.	DATE	REVIEWS	BY.	CHEQ.	SUPV.	J.P.	REFERENCE DOCUMENTS	NUMBER	NOTES
2	04/07/2019	MODIFIES NOTE	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			
1	27/05/2019	DETAILS ARE ADDED	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			
0	23/04/2019	ISSUED FOR CONSTRUCTION	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			
B	17/04/2019	ISSUED FOR APPROVAL	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			
A	17/04/2019	ISSUED FOR REVIEW	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			

- 1) ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN MILLIMETERS (mm) S.I.C.
- 2) FOR WELDING NOT INDICATED WILL HAVE A MIN FILLET. 6mm. ELECTRODE E70XX / E60XX ACCORDING TO AWS.
- 3) ALL MATERIALS, "W" PROFILES WILL BE: ASTM STRUCTURAL STEEL A992 GR.50 (S.I.C.)
- 4) ALL MATERIALS, CONNECTION PLATES WILL BE: ASTM A-36 STRUCTURAL STEEL (S.I.C.)
- 5) MATERIAL FOR TUBES WILL BE: ASTM A-53 Gr.B (S.I.C.)
- 6) MATERIAL FOR RECTANGULAR TUBE HSS22X8X3/4 WILL BE: ASTM A709 / ASTM A572 Gr.50 (S.I.C.)
- 7) FOR THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS AT THE WORKSHOP, SEE THE DOCUMENTS: 1000024422-REV 1
- 8) FOR PAINT SPECIFICATIONS SEE DOCUMENT 560-00-GC-S-012-4

APPROVAL	SCALE: S/E	DATE
FLSMIDTH		
DATE		
GTE. PROJECT :		
PROJECT MANAGER		
PLANNING NO.:	2561-43TK6-M10	

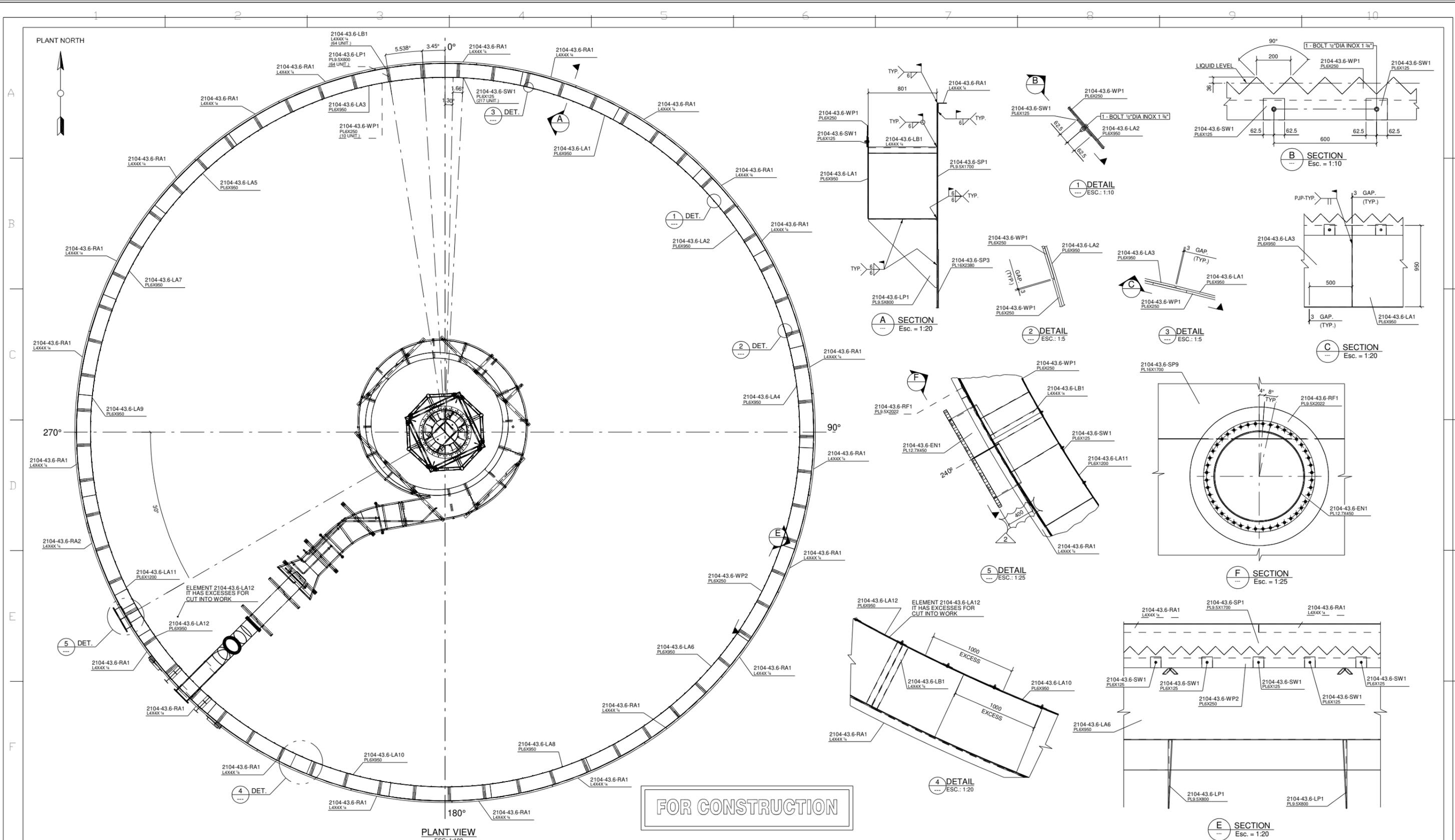
FLSMIDTH

TOROMOCHO PROJECT
BULK CONCENTRATE THICKENER
TAG: 2561-TK-006
43 M. DIA. C120P-6
SUPERSTRUCTURE-GRATING AND HANDRAILS

CLIENT PLAN: M085A-B005_2561-43TK6-M10

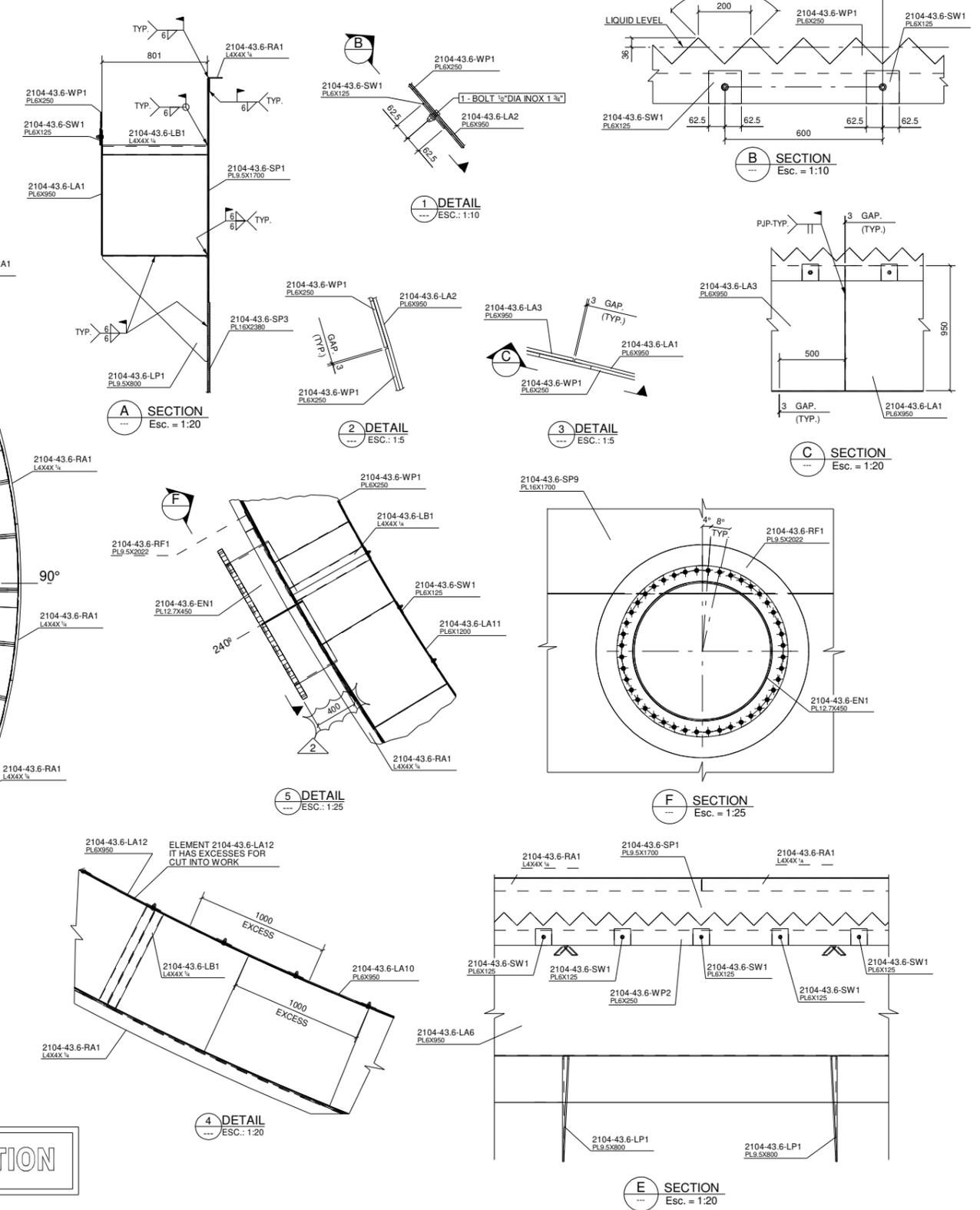
DATE: 15/07/2019
ARCHIVE: 07:11:19

REVISION: 2



PLANT VIEW
Esc: 1:100

FOR CONSTRUCTION



A SECTION
Esc: 1:20

B SECTION
Esc: 1:10

C SECTION
Esc: 1:20

D SECTION
Esc: 1:25

E SECTION
Esc: 1:25

F SECTION
Esc: 1:20

Rev. No.	DATE	REVIEWS	BY	CHEQ	SUPV.	J.P.
2	04/07/2019	MODIFIES NOTE	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.
1	14/05/2019	WELDING IS ADDED	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.
0	17/04/2019	ISSUED FOR CONSTRUCTION	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.
B	17/04/2019	ISSUED FOR APPROVAL	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.
A	16/04/2019	ISSUED FOR REVIEW	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.

1) ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN MILLIMETERS (mm) S.I.C.
 2) FOR WELDING NOT INDICATED WILL HAVE A MIN FILLET. 6mm. ELECTRODE E70XX / E60XX ACCORDING TO AWS.
 3) ALL MATERIALS, "W" PROFILES WILL BE: ASTM STRUCTURAL STEEL A992 GR.50 (S.I.C.)
 4) ALL MATERIALS, CONNECTION PLATES WILL BE: ASTM A-36 STRUCTURAL STEEL (S.I.C.)
 5) MATERIAL FOR TUBES WILL BE: ASTM A-53 Gr.B (S.I.C.)
 6) MATERIAL FOR RECTANGULAR TUBE HSS22X8X3 / 4 WILL BE: ASTM A709 / ASTM A572 Gr.50 (S.I.C.)
 7) FOR THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS AT THE WORKSHOP, SEE THE DOCUMENTS: 1000024422 REV 1
 8) FOR PAINT SPECIFICATIONS SEE DOCUMENT 560-00-GC-S-012-4

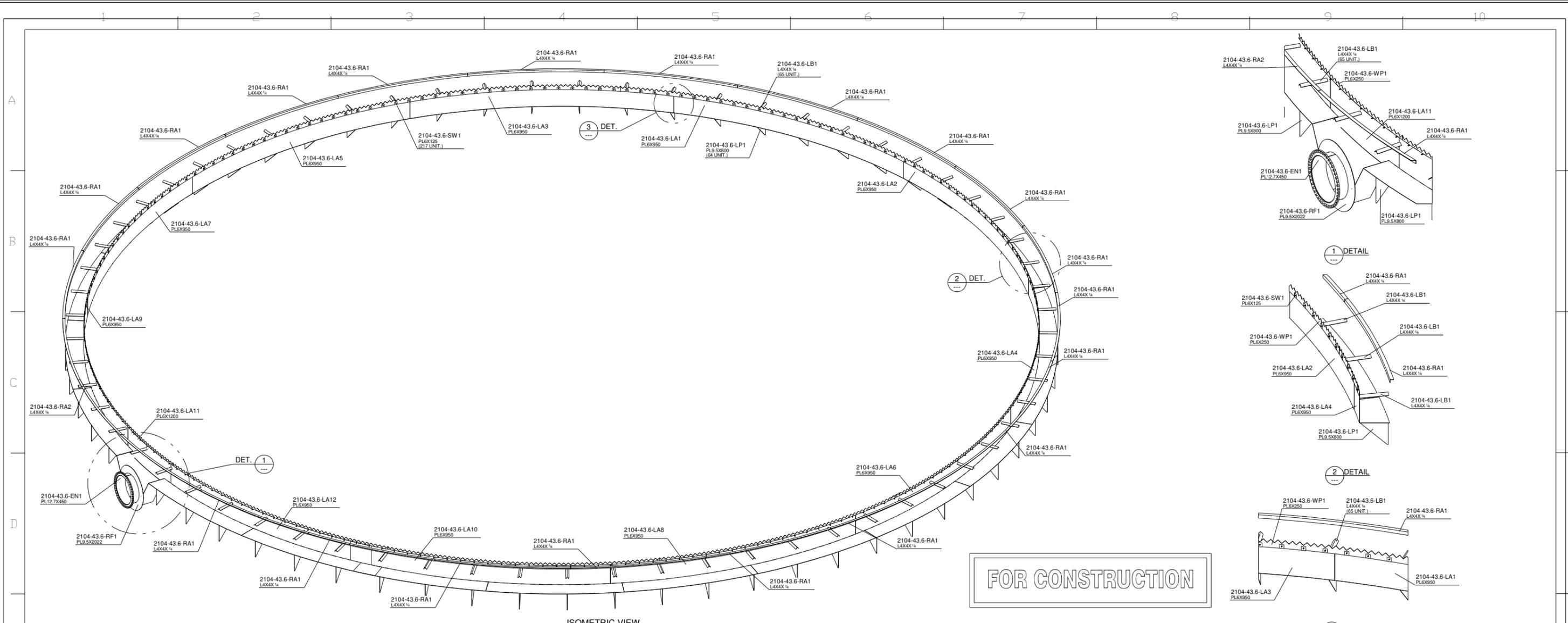
APPROVAL	SCALE:	S/E	DATE
FLSMIDTH			
GTE. PROJECT :			
PROJECT MANAGER			
Job No. 14277-17	PLAN NUB.:	2561-43TK6-M13	

FLSMIDTH

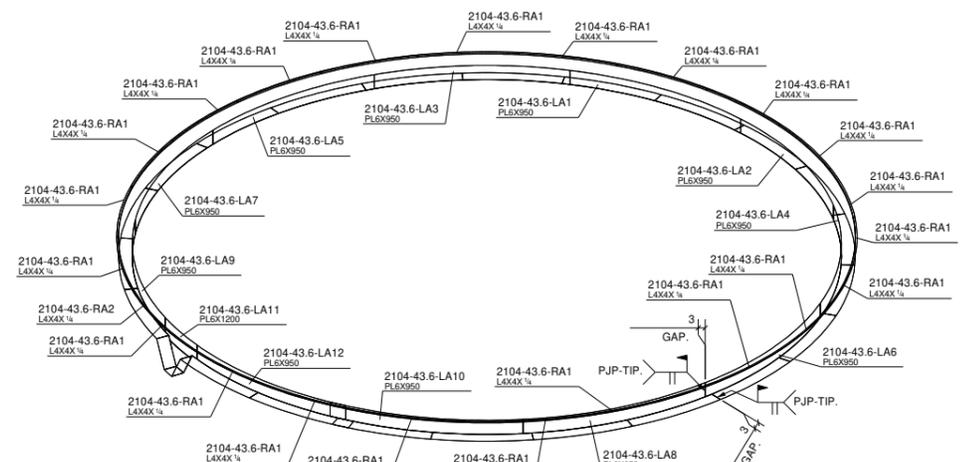
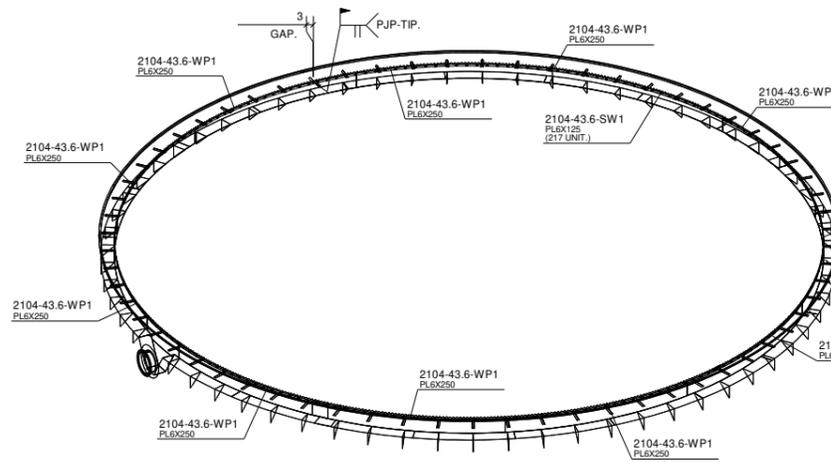
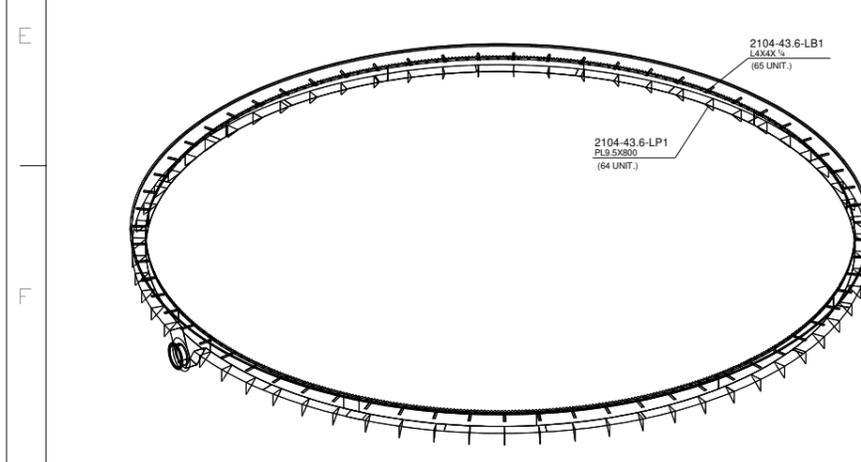
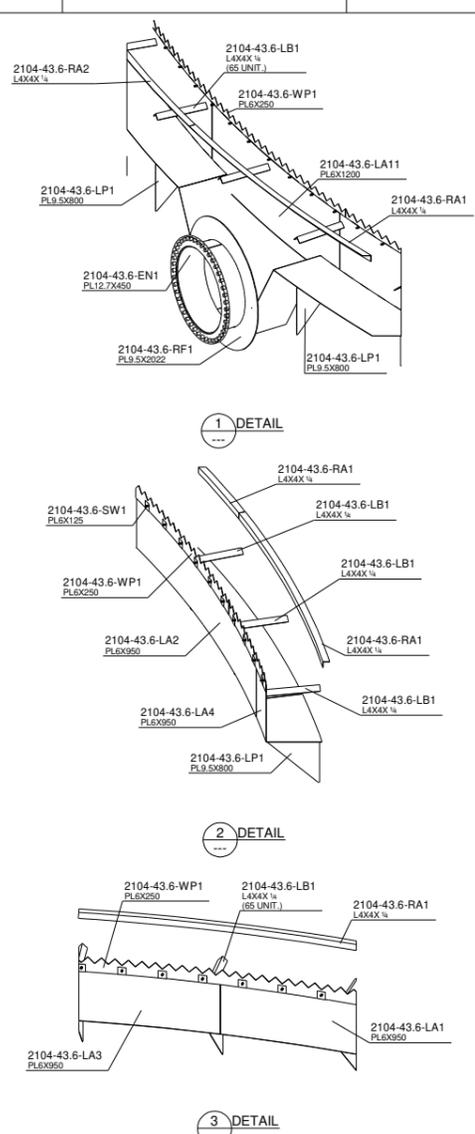
TOROMOCHO PROJECT
 BULK CONCENTRATE THICKENER
 TAG: 2561-TK-006
 43 M. DIA. C120P-6
 LAUNDER SYSTEM, SQUARE WASHERS, WEIR PLATE & EFFLUENT NOZZL

DATE: 15/07/2019
 ARCHIVE: 07:11:19
 HOUR: 11:52:47
 USER: jguardamini

Size: A1
 CLIENT PLAN: M085A-B005_2561-43TK6-M13
 REV: 2



ISOMETRIC VIEW



Rev. No.	DATE	REVIEWS	BY	CHEQ	SUPV.	J.P.
3	29/05/2019	MODIFIES NOTE	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.
2	17/05/2019	MARKS ARE ADDED	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.
1	14/05/2019	WELDING IS ADDED	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.
0	17/04/2019	ISSUED FOR CONSTRUCTION	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.
B	17/04/2019	ISSUED FOR APPROVAL	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.
A	16/04/2019	ISSUED FOR REVIEW	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.

- 1) ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN MILLIMETERS (mm) S.I.C.
- 2) FOR WELDING NOT INDICATED WILL HAVE A MIN FILLET. 6mm. ELECTRODE E70XX / E60XX ACCORDING TO AWS.
- 3) ALL MATERIALS, "W" PROFILES WILL BE: ASTM STRUCTURAL STEEL A992 GR.50 (S.I.C.)
- 4) ALL MATERIALS, CONNECTION PLATES WILL BE: ASTM A-36 STRUCTURAL STEEL (S.I.C.)
- 5) MATERIAL FOR TUBES WILL BE: ASTM A-53 Gr.B (S.I.C.)
- 6) MATERIAL FOR RECTANGULAR TUBE HSS22X8X3 / 4 WILL BE: ASTM A709 / ASTM A572 Gr.50 (S.I.C.)
- 7) FOR THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS AT THE WORKSHOP, SEE THE DOCUMENTS: 1000024422 REV 1
- 8) FOR PAINT SPECIFICATIONS SEE DOCUMENT 560-00-GC-S-012-4

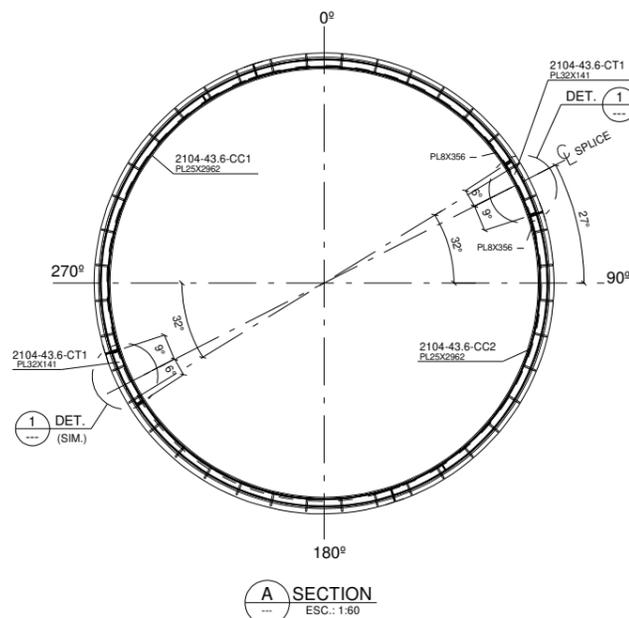
APPROVAL	SCALE: S/E	DATE
FLSMIDTH		
GTE. PROJECT :	HEAD OF ENGINEERING: ---	PROJECT SUPERVISOR: ---
PROJECT MANAGER	PLAN NUB.:	2561-43TK6-M14

FLSMIDTH

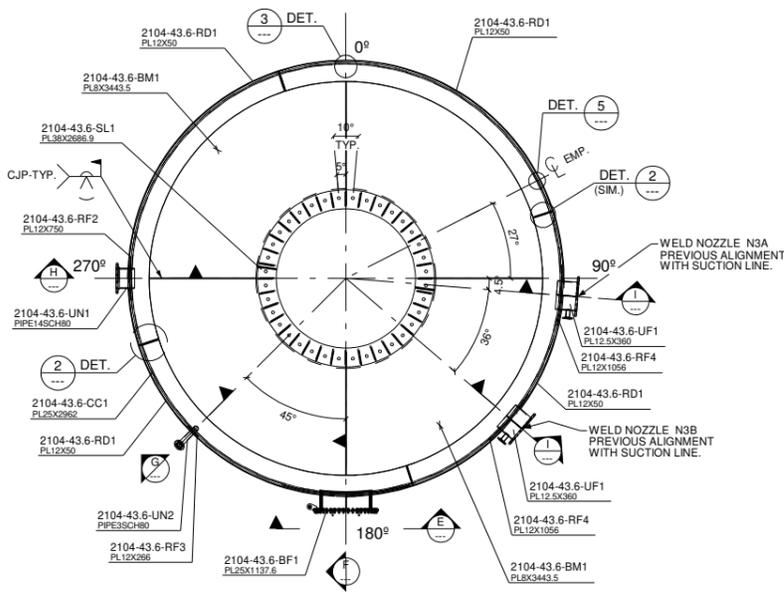
TOROMOCHO PROJECT
BULK CONCENTRATE THICKENER
TAG: 2561-TK-006
43 M. DIA. C120P-6
LAUNDER SYSTEM, SQUARE WASHERS, WEIR PLATE & EFFLUENT NOZZL

Job No. 14277-17
Client Plan No. M085A-B005_2561-43TK6-M14
Size A1
Rev. 3

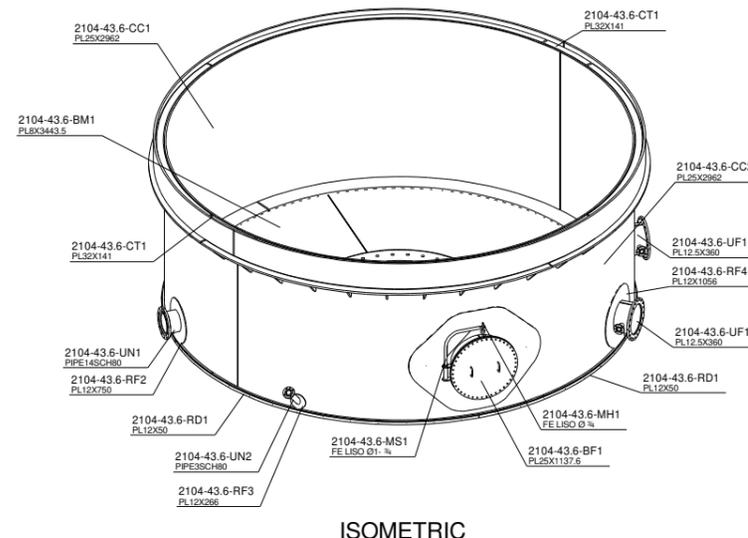
PLANT NORTH



SECTION A
ESC.: 1:60

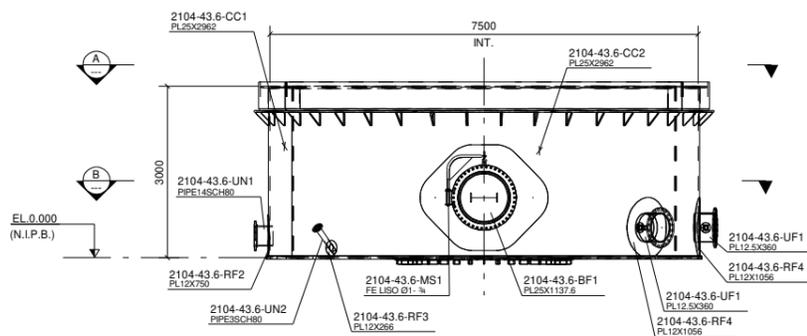


SECTION B
ESC.: 1:60

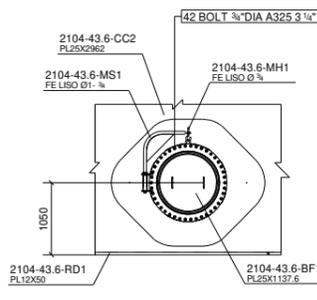


ISOMETRIC

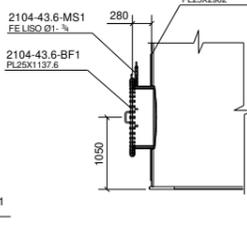
FOR CONSTRUCTION



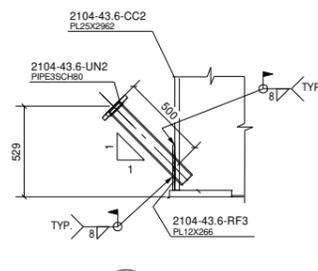
ELEVATION - CENTRAL CYLINDER



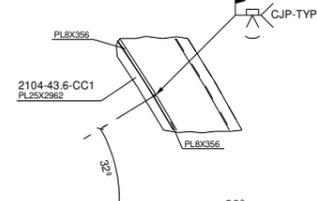
SECTION E
ESC.: 1:50



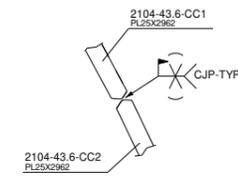
SECTION F
ESC.: 1:50



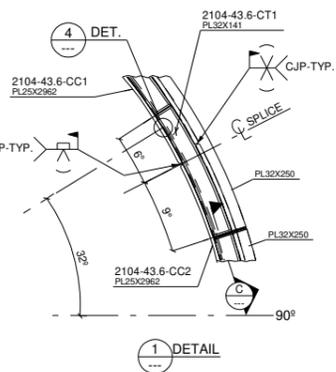
SECTION G
ESC.: 1:20



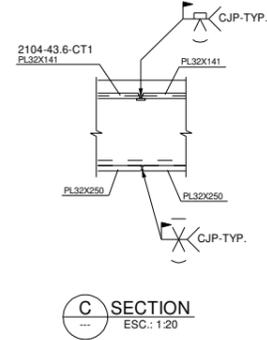
DETAIL 4



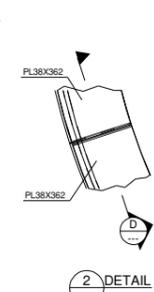
DETAIL 5



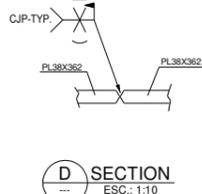
DETAIL 1



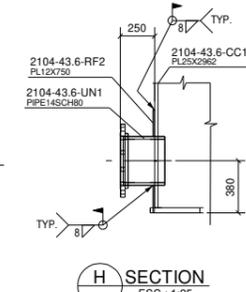
SECTION C
ESC.: 1:20



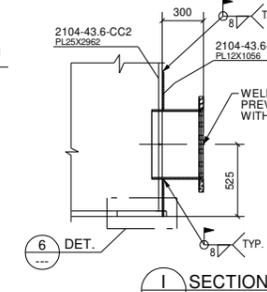
DETAIL 2



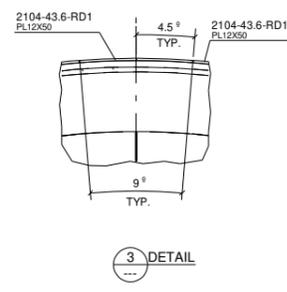
SECTION D
ESC.: 1:10



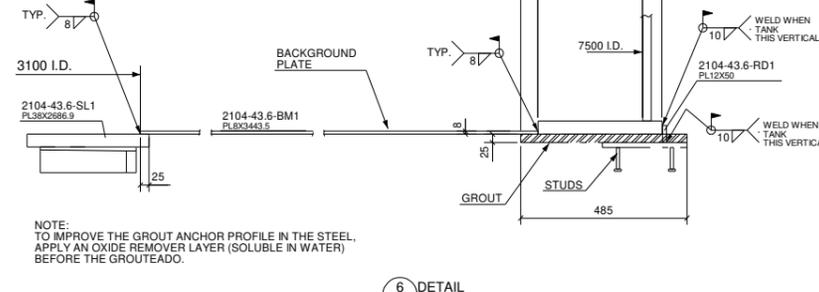
SECTION H
ESC.: 1:25



SECTION I
ESC.: 1:25



DETAIL 3



DETAIL 6

REV. NO.	DATE	REVIEWS	BY.	CHEQ.	SUPV.	J.P.	REFERENCE DOCUMENTS	NUMBER	NOTES
2	04/07/2019	MODIFIES NOTE							
1	14/05/2019	DETAILS ARE ADDED							
0	17/04/2019	ISSUED FOR CONSTRUCTION							
B	17/04/2019	ISSUED FOR APPROVAL							
A	16/04/2019	ISSUED FOR REVIEW							

- ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN MILLIMETERS (mm) S.I.C.
- FOR WELDING NOT INDICATED WILL HAVE A MIN FILLET. 6mm. ELECTRODE E70XX / E60XX ACCORDING TO AWS.
- ALL MATERIALS, "W" PROFILES WILL BE: ASTM STRUCTURAL STEEL A992 GR.50 (S.I.C.)
- ALL MATERIALS, CONNECTION PLATES WILL BE: ASTM A-36 STRUCTURAL STEEL (S.I.C.)
- MATERIAL FOR TUBES WILL BE: ASTM A-53 Gr.B (S.I.C.)
- MATERIAL FOR RECTANGULAR TUBE HSS22X8X3 / 4 WILL BE: ASTM A709 / ASTM A572 Gr.50 (S.I.C.)
- FOR THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS AT THE WORKSHOP, SEE THE DOCUMENTS: 10000244222-REV 1, 10000244222-REV 2
- FOR PAINT SPECIFICATIONS SEE DOCUMENT 560-00-GC-S-012-4

APPROVAL		SCALE:	S/E	DATE
FLSMIDTH	DATE			12/12/16
GTE. PROJECT :		DESIGNED BY	S.Y.	DATE
		DRAWN BY	R.E.	12/12/16
PROJECT MANAGER		HEAD OF ENGINEERING:		12/12/16
		PROJECT SUPERVISOR:		12/12/16

FLSMIDTH

TOPOMOCHO PROJECT
BULK CONCENTRATE THICKENER
TAG: 2561-TK-006
43 M. DIA. C120P-6
CYLINDER CENTRAL - ELEVATIONS, SECTIONS Y DETAILS

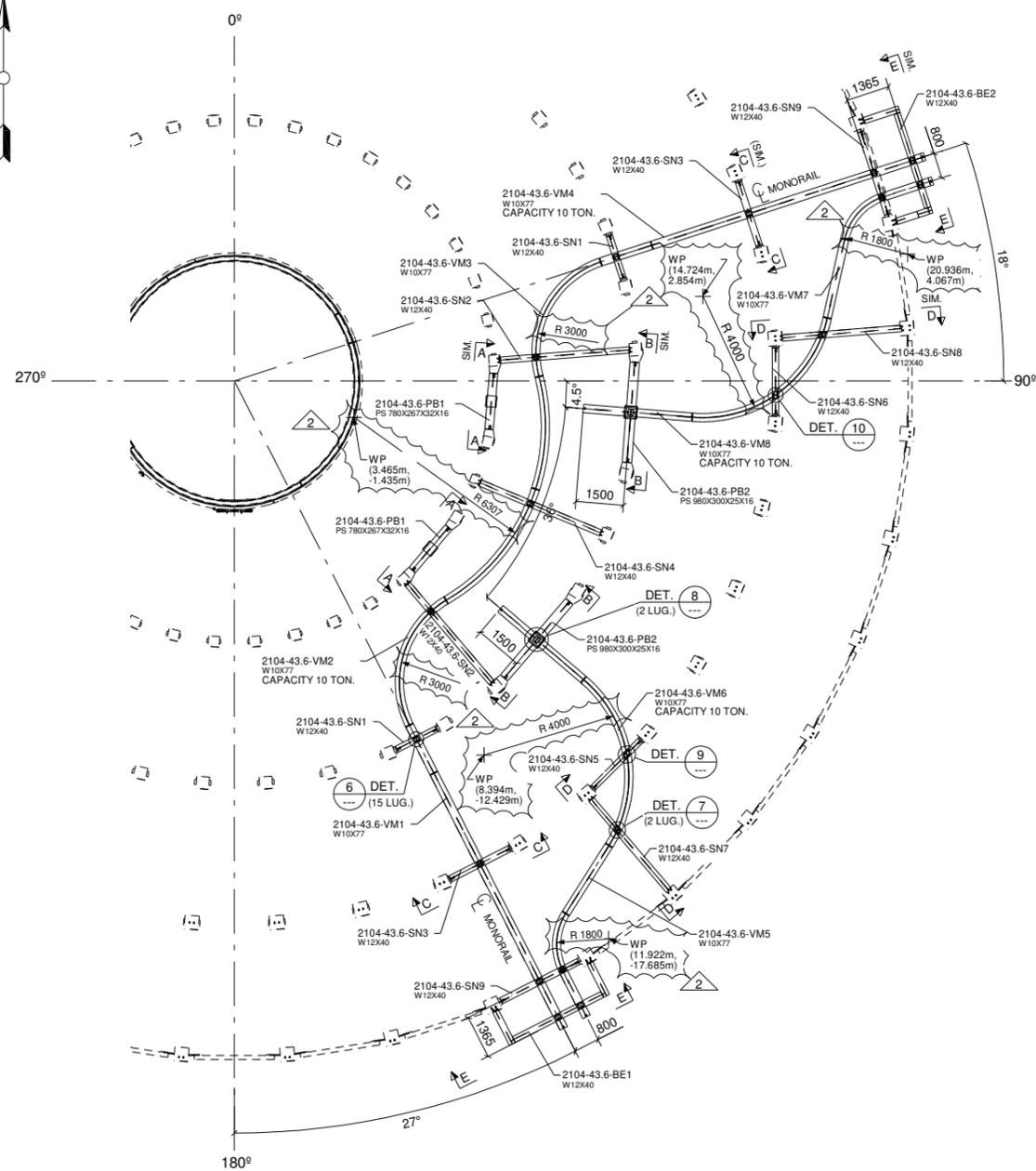
Job No. 14277-17 PLAN TAG N.: 2561-43TK6-M15

Size: A1

CLIENT PLAN: M085A-B005_2561-43TK6-M15

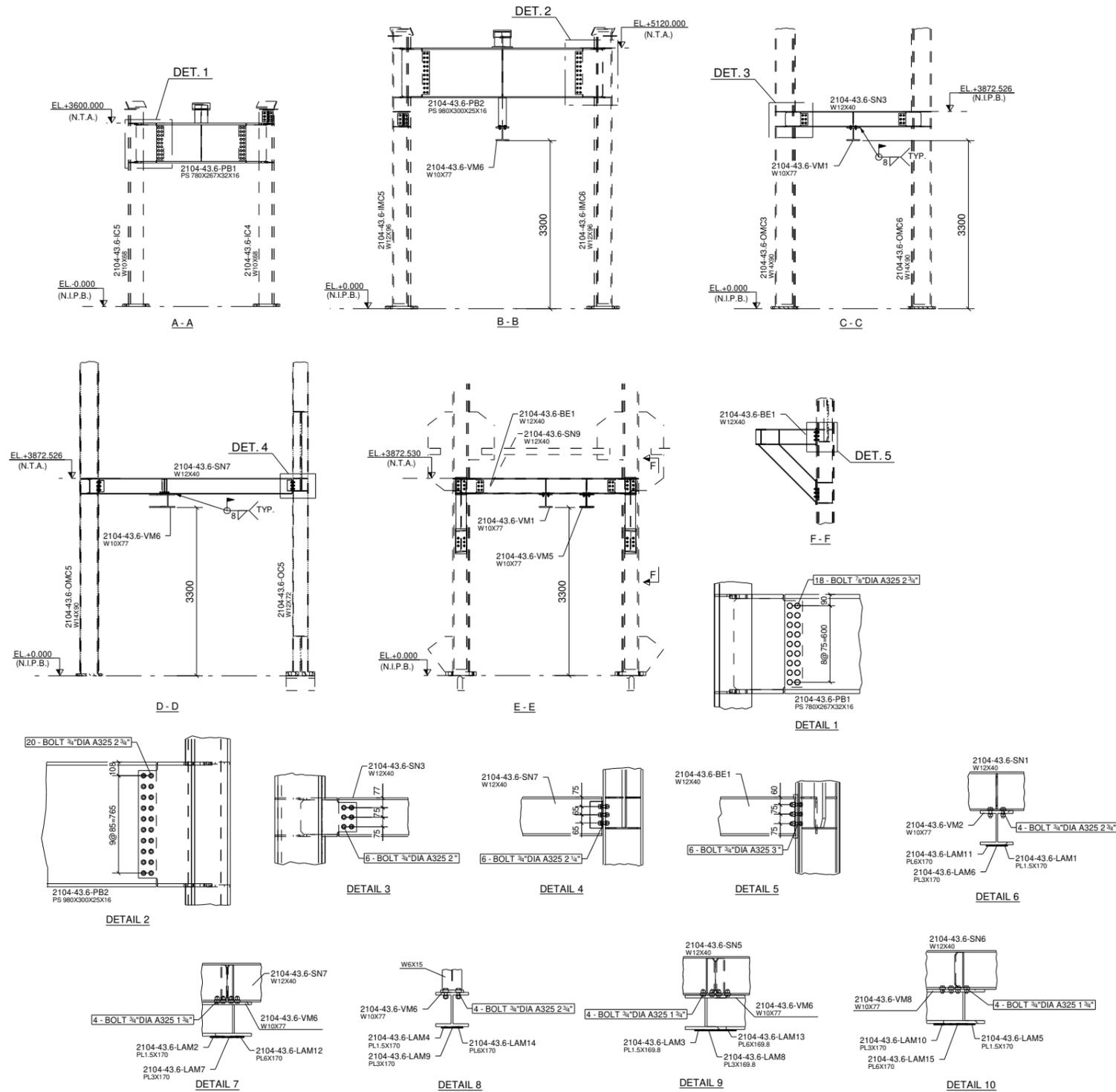
REV. 2

PLANT NORTH



PLANT MONORAIL BEAMS
ESC: 1:100

FOR CONSTRUCTION



- 1) ALL DIMENSIONS ARE EXPRESSED IN MILLIMETERS (mm) S.I.C.
- 2) FOR WELDING NOT INDICATED WILL HAVE A MIN FILLET. 6mm. ELECTRODE E70XX / E60XX ACCORDING TO AWS.
- 3) ALL MATERIALS, "W" PROFILES WILL BE: ASTM STRUCTURAL STEEL A992 GR.50 (S.I.C.)
- 4) ALL MATERIALS, CONNECTION PLATES WILL BE: ASTM A-36 STRUCTURAL STEEL (S.I.C.)
- 5) MATERIAL FOR TUBES WILL BE: ASTM A-53 Gr.B (S.I.C.)
- 6) MATERIAL FOR RECTANGULAR TUBE HSS22X8X3/4 WILL BE: ASTM A709 / ASTM A572 Gr.50 (S.I.C.)
- 7) FOR THE CONSTRUCTION SPECIFICATIONS AT THE WORKSHOP, SEE THE DOCUMENTS: 1000024422 REV 1
- 8) FOR PAINT SPECIFICATIONS SEE DOCUMENT 560-00-GC-S-012-4

APPROVAL	SCALE: S/E	DATE
FLSMIDTH		12/12/16
DATE		12/12/16
GTE. PROJECT :	DESIGNED BY: S.Y.	DRAWN BY: R.E.
PROJECT MANAGER	HEAD OF ENGINEERING:	12/12/16
	PROJECT SUPERVISOR:	12/12/16

Job No. 14277-17 PLAN NÚM.: 2561-43TK6-M16 Size: A1 CLIENT PLAN: M085A-B005_2561-43TK6-M16 REV: 2

FLSMIDTH
 TOROMOCHO PROJECT
 BULK CONCENTRATE THICKENER
 TAG: 2561-TK-006
 43 M. DIA. C120P-6
 PLANT MONORAIL BEAMS

Rev. No.	DATE	REVIEWS	BY:	CHEQ:	SUPV.:	J.P.	REFERENCE DOCUMENTS	NUMBER	NOTES
2	04/07/2019	DIMENSIONS ARE ADDED	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			
1	14/05/2019	DETAILS ARE ADDED	I.G.	S.Y.	R.E.	I.S.			
0	23/04/2019	ISSUED FOR CONSTRUCTION	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			
B	23/04/2019	ISSUED FOR APPROVAL	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			
A	23/04/2019	ISSUED FOR REVIEW	C.A.	S.Y.	R.E.	I.S.			