

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Mecánica

Trabajo de Suficiencia Profesional

**Informe de suficiencia y competencias desarrolladas
en el área de supervisión de planeamiento y control de
proyectos en el proyecto "Reparación de espesador
de relaves de 50 metros de diámetro en Cuajone"**

Nerio Nilton Janampa Ozaita

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Mecánico

Arequipa, 2021

Repositorio Institucional Continental
Trabajo de suficiencia profesional



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

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, debo agradecer a Dios por darme la fortaleza de continuar firme en este maravilloso regalo llamado VIDA.

Agradezco a mis padres Margarita y Julián por su paciencia y apoyo constante durante mi desarrollo profesional y personal. Debo mencionar mi profundo agradecimiento a mi Hermano Joel por darme ejemplo de tenacidad y carácter en todo momento.

De igual manera agradezco a la Universidad Continental, por su acompañamiento durante el desarrollo de este informe profesional. En especial agradezco al Ing. Manuel Beraún y Steve Torres por compartir sus conocimientos, asesoramiento constante y profesionalismo.

Finalmente quiero agradecer a la empresa IMCO SERVICIOS S.A.C, saludo a sus cientos de destacables profesionales con los cuales desarrollo carrera y me han hecho sentir como parte de una gran familia. Por esto aprovecho para reconocer el gran apoyo brindado por el Ing. Cesar Rivero en todos los detalles técnicos del trabajo y a Estefany Chillpa por su gestión en todos los requisitos necesarios para lograr este importante objetivo personal.

DEDICATORIA

“Este informe profesional está dedicado a:

A las personas que siempre han confiado en todas mis decisiones, a mi familia, Margarita, Julián y Joel. Muchos de mis logros se los debo ciertamente a ustedes, entre los que se incluye este.

Finalmente, dedicado a esos destacables seres humanos que sin interés me han dado parte de su tiempo para resolver los retos que presento realizar este trabajo”

CONTENIDO

PORTADA.....	I
AGRADECIMIENTO	ii
DEDICATORIA	iii
CONTENIDO	iv
LISTA DE TABLAS	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE ANEXOS	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN	xix
CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.....	18
1.1 DATOS GENERALES DE LA INSTITUCIÓN.	18
1.2 ACTIVIDADES PRINCIPALES DE INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA.	19
1.3 RESEÑA HISTÓRICA DE LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA.	20
1.3.1 VALORES CORPORATIVOS.....	21
1.4 ORGANIGRAMA DE LA INSTITUCIÓN O EMPRESA.	21
1.5 VISIÓN, MISIÓN Y PROPÓSITO.....	22
1.6 BASES LEGALES O DOCUMENTOS ADMINISTRATIVOS.	23
1.7 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DONDE REALIZA SUS ACTIVIDADES PROFESIONALES.	24
1.7.1 ÁREA DE PLANEAMIENTO Y CONTROL DE PROYECTOS.	24

1.8 DESCRIPCIÓN DE CARGO Y DE LAS RESPONSABILIDADES DEL BACHILLER EN LA INSTITUCIÓN Y/O EMPRESA.....	25
1.8.1 DESCRIPCIÓN DEL CARGO.....	25
1.8.2 RESPONSABILIDAD DEL BACHILLER.....	25
CAPITULO II. ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	26
2.1 ANTECEDENTES O DIAGNÓSTICO SITUACIONAL.....	26
2.2 IDENTIFICACIÓN DE OPORTUNIDADES O NECESIDAD EN EL ÁREA DE ACTIVIDAD PROFESIONAL.....	27
2.3 OBJETIVOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL.....	28
2.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	28
2.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICO.....	29
2.4 JUSTIFICACIÓN DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL.....	29
2.4.1 JUSTIFICACIÓN TÉCNICA.....	29
2.4.2 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA.....	30
2.4.3 JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	30
2.4.4 JUSTIFICACIÓN PROFESIONAL.....	30
2.5 RESULTADOS ESPERADOS.....	32
CAPITULO III. MARCO TEÓRICO.....	33
3.1 BASES TEÓRICAS DE LAS METODOLOGÍAS O ACTIVIDADES REALIZADAS.....	33
3.1.1 ¿QUÉ ES UN ESPESADOR DE RELAVES?	33
3.1.1.1 ESPESADOR DE ALTO RENDIMIENTO O ESPESADOR DE ALTA CAPACIDAD	35
3.1.1.2 PARTES PRINCIPALES DE UN ESPESADOR DE RELAVES DE ALTO RENDIMIENTO.....	38

3.1.2 REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO POR SOLDADURA DE ESTRUCTURAS EN EL ESPESADOR DE RELAVE THK-54.....	39
3.1.2.1 MATERIAL BASE DE LAS PLACAS DE REFORZAMIENTO.	40
3.1.2.2 PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO.	40
3.1.2.2.1 SELECCIÓN DEL PROCESO SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON ALAMBRE TUBULAR (FCAW).....	41
3.1.2.3 CONTROL DE CALIDAD DE LA SOLDADURA.....	44
3.1.3 MONTAJE Y ALINEAMIENTO DEL PIÑÓN - CORONA EN DRIVE DE ESPESADOR THK-54.....	45
3.1.3.1 PLAN DE IZAJE (RIGGING PLAN EN INGLÉS).....	45
3.1.3.2 BACKLASH: REGULACIÓN DE JUEGO ENTRE DIENTES DE ENGRANAJE .47	
CAPITULO IV. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.	49
4.1 DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.	49
4.1.1 ENFOQUE DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	49
4.1.2 ALCANCE DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	50
4.1.3 ENTREGABLES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.	51
4.2 ASPECTOS TÉCNICOS DE LA ACTIVIDAD PROFESIONAL.	55
4.2.1 METODOLOGÍA.....	55
4.2.2 TÉCNICAS.....	56
4.2.3 INSTRUMENTOS.....	57
4.2.4 EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN EL DESARROLLO DE LAS ACTIVIDADES	59
4.3 EJECUCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	61
4.3.1 FASES DEL PROYECTO.....	61
4.3.2 DESARROLLO DEL CRONOGRAMA PARA LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.	62

4.3.3 RUTA CRÍTICA DEL PROYECTO.....	62
4.3.1 LA CURVA S DE SEGUIMIENTO.	63
4.3.2 PROCESO Y SECUENCIA OPERATIVA DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES	64
4.4 REPARACIÓN DEL ESPESADOR DE RELAVES THK-54	66
4.4.1 RECEPCIÓN DE EQUIPOS Y FABRICACIONES DE TENOVA.....	66
4.4.2 ARMADO DE ANDAMIOS.....	68
4.4.3 MONTAJE DE ESTRUCTURAS EN RASTRAS.	70
4.4.4 MONTAJE DE ELECTROMECAÁNICO DRIVER.	77
4.4.4.1 DESMONTAJE MECÁNICO.....	77
4.4.4.2 MONTAJE MECÁNICO DE MODIFICACIONES.....	84
4.4.5 MONTAJE ELECTROMECAÁNICO EN ZUNCHO.....	98
4.4.5.1 MODIFICACIONES EN COLUMNA CENTRAL EXISTENTE.....	99
4.4.5.2 REFORZAMIENTO DE COLUMNA EXISTENTE.....	99
4.4.6 PRUEBAS DE COMISIONAMIENTO Y PUESTA EN MARCHA.....	106
4.4.6.1 PRUEBAS EN VACÍO O COMISIONAMIENTO.....	106
4.4.6.2 PUESTA EN MARCHA DEL ESPESADOR THK-54	108
CAPITULO V. RESULTADOS.....	111
5.1 RESULTADOS FINALES DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS.....	111
5.2 LOGROS ALCANZADOS.....	112
5.3 DIFICULTADES ENCONTRADAS.....	112
5.4 PLANTEAMIENTO DE MEJORAS.....	115
5.4.1 METODOLOGÍAS PROPUESTAS	115
5.4.2 DESCRIPCIÓN DE LA IMPLEMENTACIÓN.....	115

5.5 ANÁLISIS.....	119
5.6 APOORTE DEL BACHILLER EN LA INSTITUCIÓN.....	121
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	125
ANEXOS.	128

LISTA DE TABLAS

<i>TABLA 1.</i>	COSTO ANUAL DE OPERACIÓN DE ESPESADORES EN PERÚ.....	31
<i>TABLA 2.</i>	PRECALENTAMIENTO MÍNIMO PARA EL SOLDEO POR TIPO DE MATERIAL.	41
<i>TABLA 3.</i>	PROCESOS DE SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO	42
<i>TABLA 4.</i>	ESPEJOR MÍNIMO DE SOLDADURA POR ESPEJOR DE METAL BASE.....	43
<i>TABLA 5.</i>	COMPARACIÓN TIEMPO DE SOLDADURA ENTRE PROCESOS SMAW Y AUTOMÁTICO	44
<i>TABLA 6.</i>	TIEMPOS DE PENETRACIÓN MÍNIMOS RECOMENDADOS POR ASTM E165-02.....	45
<i>TABLA 7.</i>	ÍNDICES DE DESEMPEÑO DEL PROYECTO SEMANAL	50
<i>TABLA 8.</i>	PROCEDIMIENTOS ESCRITOS DE TRABAJO SEGURO DEL PROYECTO REPARACIÓN DE ESPESADOR THK-054	52
<i>TABLA 9.</i>	REGISTRO DE RFI DEL PROYECTO REPARACIÓN ESPESADOR THK-54	55
<i>TABLA 10.</i>	PROCESO Y SECUENCIA OPERATIVA DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.....	65
<i>TABLA 11.</i>	METRADO DE ANDAMIOS REQUERIDOS PARA EL PROYECTO.....	70
<i>TABLA 12.</i>	RESUMEN DE BALANCE DE METRADOS	117
<i>TABLA 13.</i>	REPORTE DE PARADAS POR CLIMA ADVERSO Y TORMENTA ELÉCTRICA.....	118
<i>TABLA 14.</i>	SUSTENTO DE TIEMPO ADICIONAL POR RETRAJOS POR FALLA DE FABRICACIÓN Y POR TRABAJOS ADICIONALES.	119

LISTA DE FIGURAS

<i>FIGURA 1.</i> VISTA POR FUERA DE LA PLANTA DE IMCO SERVICIOS EN AREQUIPA.	19
<i>FIGURA 2.</i> VISTA DEL INTERIOR DE LA EMPRESA SAN LORENZO.	20
<i>FIGURA 3.</i> EQUIPOS PRINCIPALES DE IMCO SERVICIOS S.A.C.	20
<i>FIGURA 4.</i> ORGANIGRAMA DEL PROYECTO SERVICIO DE REPARACIÓN Y REFORZAMIENTO DE ESPESADORES.	22
<i>FIGURA 5.</i> UBICACIÓN DEL NUEVO ESPESADOR DE 54 METROS.	27
<i>FIGURA 6.</i> VISTA DE ESPESOR DE RELAVES N°05 DE CUAJONE EN EL INICIO DEL PROYECTO.....	28
<i>FIGURA 7.</i> ZONAS EN EL ESPESADOR DE RELAVES.....	33
<i>FIGURA 8.</i> DIAGRAMA DE ESPESAMIENTO DE ESPESADOR DE RELAVES.....	34
<i>FIGURA 9.</i> DIAGRAMAS DE TIPOS DE ESPESADORES	35
<i>FIGURA 10.</i> ESPESADOR CONVENCIONAL CON FONDO Y PAREDES DE CONCRETO ARMADO.	36
<i>FIGURA 11.</i> FOTO DE ESPESADOR DE ALTO RENDIMIENTO O ESPESADOR DE ALTA DENSIDAD.....	38
<i>FIGURA 12.</i> PARTES DE UN ESPESADOR DE RELAVES HDT.	38
<i>FIGURA 13.</i> IMAGEN EXTRAÍDA DE PLAN DE IZAJE DE HOUSING.....	46
<i>FIGURA 14.</i> IMAGEN EXTRAÍDA DE PLAN DE IZAJE DE PLANCHA SUPERIOR	46
<i>FIGURA 15.</i> PROCESO DE REGULACIÓN DE JUEGO ENTRE PIÑÓN Y CORONA EN DRIVE.....	47
<i>FIGURA 16.</i> APARIENCIA DE JUEGO ENTRE DIENTES DE ENGRANAJE.	47
<i>FIGURA 17.</i> RESUMEN DE CRONOGRAMA INICIAL DE PROYECTO DE 71 DÍAS CALENDARIOS.	53
<i>FIGURA 18.</i> RESUMEN DE CRONOGRAMA FINAL Y APROBADO PARA 145 DÍAS CALENDARIOS.....	53
<i>FIGURA 19.</i> RESUMEN DE CURVA S DEL PROYECTO EN LA SEMANA 10, FECHA 31 DE DICIEMBRE.....	54

<i>FIGURA 20.</i> RESUMEN DE REPORTE DIARIO GENERADO EL DÍA 22 DEL PROYECTO.....	58
<i>FIGURA 21.</i> INSPECCIÓN DE SOLDADURA DE GUÍAS MÓVILES MEDIANTE TINTES PENETRANTES.	59
<i>FIGURA 22.</i> CONTROL DE TEMPERATURA DE PRECALENTAMIENTO PARA EL SOLDEO DE ESTRUCTURAS DE REFORZAMIENTO.....	59
<i>FIGURA 23.</i> GRÚA TELESCÓPICA DE 300 TON GMK6300	60
<i>FIGURA 24.</i> PORTE DE DIAGRAMA GANTT DEL CRONOGRAMA DEL PROYECTO FINAL.	63
<i>FIGURA 25.</i> FRAGMENTO DE RUTA CRÍTICA DEL CRONOGRAMA,	64
<i>FIGURA 26.</i> ELEMENTOS PRINCIPALES DE ESPESADOR DE RELAVES THK-54.	66
<i>FIGURA 27.</i> VERIFICACIÓN DE NUEVOS BLADES EN OBRA.....	67
<i>FIGURA 28.</i> INFORME DE PERNOS ADICIONALES SEGÚN PACKING LIST.....	67
<i>FIGURA 29.</i> UBICACIÓN DE TORRE DE ANDAMIOS EN EL ESPESADOR TKH-54.	68
<i>FIGURA 30.</i> ACCESO A ESPESADOR CON TORRE DE ANDAMIOS ARMADO.....	69
<i>FIGURA 31.</i> ISOMÉTRICO DE RASTRAS Y BLADES.	71
<i>FIGURA 32.</i> DETALLE DE REFORZAMIENTO DE BLADE EXISTENTES MEDIANTE SOLDADURA DE CATETO 8MM EN BISEL, REALIZO EN CAMPO TODO ALREDEDOR DEL ELEMENTO.	71
<i>FIGURA 33.</i> MONTAJE DE NUEVOS BLADES EN ESTRUCTURA DE RASTRAS, MEDIANTE SOLDADURA EN CAMPO TODO ALREDEDOR DE CATETO 8 MM EN BISEL.	72
<i>FIGURA 34.</i> EJECUCIÓN DE PROCESO DE SOLDEO DE REFUERZO DE BLADE CON ÁNGULO.....	72
<i>FIGURA 35.</i> EJECUCIÓN DE ARMADO DE NUEVOS BLADES EN RASTRAS PREVIO PARA SOLDEO.....	73
<i>FIGURA 36.</i> CONTROL DE CALIDAD DE LA SOLDADURA DE NUEVOS BLADES EN RASTRAS.....	73
<i>FIGURA 37.</i> PINTADO DE ZONAS DE REFORZAMIENTO DE BLADES.	74
<i>FIGURA 38.</i> VISTA DE ZONA DE EXTENSIÓN DE RASTRAS LARGAS DEL ESPESADOR THK-54.	74

<i>FIGURA 39.</i> DETALLE DE EXTENSIÓN DE RASTRAS MEDIANTE ESTRUCTURA FABRICADA.	75
<i>FIGURA 40.</i> MANIOBRA DE MONTAJE MECÁNICO DE EXTENSIÓN DE RASTRAS.	75
<i>FIGURA 41.</i> MONTAJE DE NUEVOS SCRAPERS EN ESPESADOR..	76
<i>FIGURA 42.</i> DESMONTAJE DE SCRAPERS EXISTENTES DEL CONO DEL THK-54.....	76
<i>FIGURA 43.</i> MONTAJE DE NUEVO SCRAPER Y PINTADO EN CONO DE ESPESADOR.....	77
<i>FIGURA 44.</i> VISTA ISOMÉTRICA DE MESA DE DRIVER.	78
<i>FIGURA 45.</i> VISTA DEL DRIVE SIN GUARDAS DE CORONA PREVIO AL DESMONTAJE DE REDUCTORES Y HOUSING EXISTENTES.	78
<i>FIGURA 46.</i> MANIOBRAS DE IZAJE PARA EL TRASLADO DE ESTRUCTURAS AL INTERIOR DEL ESPESADOR. DESDE LA MISMA POSICIÓN SE REALIZÓ EL DESMONTAJE.	79
<i>FIGURA 47.</i> RETIRO DE MANGUERAS, TUBERÍAS HIDRÁULICAS Y SOPORTARÍA EXISTENTE DEL DRIVE.	79
<i>FIGURA 48.</i> PRINCIPALES COMPONENTES DE LA MESA DEL DRIVE.....	80
<i>FIGURA 49.</i> RASTRAS SOBRE TACOS DE MADERA DESPUÉS DEL DESACOPLE DE TORQUE CAGE CON ADAPTER PLATE.	81
<i>FIGURA 50.</i> APOYO DE PARTE CENTRAL DE RASTRAS APOYADO SOBRE TACOS DE MADERA.....	81
<i>FIGURA 51.</i> OREJA DE ELEFANTE POSICIONADA EN MESA DE DRIVE PARA REALIZAR PUNTO DE APOYO EN EL IZAJE DE LA MEZA DEL DRIVE.	82
<i>FIGURA 52.</i> LEVANTE DE MEZA DE DRIVE E INSTALACIÓN DE PATAS DE ELEFANTES EN ENTRE MEZA Y TORQUE ADAPTER PLATE.....	82
<i>FIGURA 53.</i> VISTA DEL MOMENTO DEL LEVANTE DE MEZA DE DRIVE MEDIANTE MANIOBRA MECÁNICA CON TECLES DE CADENA.	83
<i>FIGURA 54.</i> LEVANTE DE MEZA DE DRIVE MEDIANTE CILINDROS HIDRÁULICOS EXISTENTES.	83
<i>FIGURA 55.</i> DESMONTAJE DE CILINDROS HIDRÁULICO EXISTENTES.	84
<i>FIGURA 56.</i> INSTALACIÓN DE PLANCHA INFERIOR EN DRIVE.	85

<i>FIGURA 57.</i> DETALLE DE SOLDADURA ENTRE PL2 Y PL1.	85
<i>FIGURA 58.</i> ENSAMBLES PRELIMINARES DE PLACA SUPERIOR PS Y PLACA INFERIOR PL PARA ASEGURAR QUE SUS AGUJEROS ESTÉN CENTRADOS PARA LOS HOUSING DENTRO DE LA TOLERANCIA.	86
<i>FIGURA 59.</i> MONTAJE DE PLACAS INFERIORES PL1 Y PL2 EN DRIVE MEDIANTE MANIOBRA MECÁNICA DE TECLES DE CADENA.	86
<i>FIGURA 60.</i> DISTRIBUCIÓN DE VIGAS RADIALES EN DRIVE.	87
<i>FIGURA 61.</i> DETALLE DE SOLDADURA DE VIGAS VR1.	87
<i>FIGURA 62.</i> MONTAJE Y SOLDEO DE VIGAS RADIALES VR-1 SOBRE PLACAS INFERIOR Y ESTRUCTURA EXISTENTE DE DRIVE.	88
<i>FIGURA 63.</i> UBICACIÓN DE MONTAJE DE PLANCHAS FILLER PLATE Y LAINAS EN DRIVE.....	88
<i>FIGURA 64.</i> DETALLE DE SOLDEO DE FP Y LA1.	89
<i>FIGURA 65.</i> INSTALACIÓN FILLER PLATE.....	89
<i>FIGURA 66.</i> MONTAJE DE PLACAS FP1 SOBRE DRIVE.	90
<i>FIGURA 67.</i> ARMADO Y SOLDEO DE LAINAS LA1 SOBRE FILLER PLATE SOLDADO.	90
<i>FIGURA 68.</i> INSTALACIÓN PLACA SUPERIOR.	91
<i>FIGURA 69.</i> DETALLE DE SOLDADURA DE PLACAS SUPERIOR.	91
<i>FIGURA 70.</i> MONTAJE DE PLACA SUPERIOR PS1 Y PS2 EN DRIVE.	92
<i>FIGURA 71.</i> LIBERACIÓN TOPOGRÁFICA DE MEZA DE DRIVE Y POSICIÓN DE HOUSING.....	92
<i>FIGURA 72.</i> UBICACIÓN DE LOS HOUSING EN DRIVE.	93
<i>FIGURA 73.</i> DETALLE DE SOLDEO DE HOUSING A DRIVE.	94
<i>FIGURA 74.</i> ARMADO DE CONTRAPESO DE DRIVE SEGÚN PLANOS.	94
<i>FIGURA 75.</i> ENSAMBLE DE NUEVOS REDUCTORES CON PIÑÓN Y HOUSING.	95
<i>FIGURA 76.</i> BACKLASH ENTRE PIÑÓN CORONA DE ESPESADOR THK-54.	95
<i>FIGURA 77.</i> MONTAJE DE MOTOR REDUCTORES NUEVOS Y CONTRAPESO SOBRE DRIVE.	96

<i>FIGURA 78.</i> VISTA DE GUÍA FIJA Y GUÍA MÓVIL.	96
<i>FIGURA 79.</i> MONTAJE DE GUÍAS VERTICAL GV1 SOBRE GUÍAS EXISTENTES Y ALINEAMIENTO.	97
<i>FIGURA 80.</i> MONTAJE Y SOLDEO DE GUIAS MÓVILES DE ESPESADOR SOBRE DRIVE. MONTAJE DE NUEVOS CILINDROS HIDRÁLICOS.	97
<i>FIGURA 81.</i> DETALLE DE SOLDADURA DE GUÍAS MÓVILES DEL DRIVE.	98
<i>FIGURA 82.</i> VISTA DE LAS PLACAS DE REFUERZO EN EL ZUNCHO.	98
<i>FIGURA 83.</i> ZONAS DE CORTE EN ZUNCHO.	99
<i>FIGURA 84.</i> DETALLE DE SOLDEO DE REFUERZOS DE ZUNCHO.	100
<i>FIGURA 85.</i> PROCEDIMIENTO DE SOLDEO DE REFUERZO RF3, RF4 Y RF7 EN COLUMNA PRINCIPAL DEL ESPESADOR.	100
<i>FIGURA 86.</i> CONTROL DE CALIDAD DEL SOLDEO, APLICACIÓN DE PT = TINTES PENETRANTES EN SOLDEO DE REFUERZOS.	101
<i>FIGURA 87.</i> SOLDEO DE REFUERZOS RF2 Y RF6 EN ZUNCHO DE ESPESADOR.	101
<i>FIGURA 88.</i> SOLDEO DE REFORZAMIENTO RF1 Y RF5 SOBRE NUEVAS PLACAS DEL ZUNCHO DEL THK-54.	102
<i>FIGURA 89.</i> CONTROL DE CALIDAD DEL SOLDEO DE REFORZAMIENTO EN ZUNCHO..	102
<i>FIGURA 90.</i> PINTADO DE NUEVAS ESTRUCTURAS.....	103
<i>FIGURA 91.</i> MONTAJE DE NUEVOS CILINDROS HIDRÁLICOS EN EL ESPESADOR.	104
<i>FIGURA 92.</i> LIBERACIÓN TOPOGRÁFICA DEL MONTAJE DE PLACAS DE REFORZAMIENTO DEL DRIVE.	104
<i>FIGURA 93.</i> REINSTALACIÓN DE SISTEMA HIDRÁULICO PARA LOS REDUCTORES DEL ESPESADOR THK-54.	105
<i>FIGURA 94.</i> INSTALACIÓN DE BARANDAS DE ESPESADOR THK-054.	105
<i>FIGURA 95.</i> RASTRO DE AZUL DE PRUSIA EN LAS PRUEBAS DINÁMICAS ENTRE PIÑÓN Y CORONA DE ESPESADOR.	107
<i>FIGURA 96.</i> INGRESO DE AGUA RECUPERADA PARA PRUEBAS CON CARGAS DEL ESPESADOR THK-54.	108

<i>FIGURA 97.</i> TUNEL DE BOMBAS WARMAN DEL ESPESADOR.	109
<i>FIGURA 98.</i> SISTEMA DE RECIRCULACIÓN DEL ESPESADOR DE RELAVES.	109
<i>FIGURA 99.</i> VÁLVULA DE COMPUERTA DE CAJÓN DE RELAVES.	110
<i>FIGURA 100.</i> CRONOGRAMA INICIAL MARCADO CON ACTIVIDADES 16, 22 Y 32 EN TRASLAPE.	114
<i>FIGURA 101.</i> FALLAS DE FABRICACIÓN.	115
<i>FIGURA 102.</i> CRONOGRAMA EN MODIFICACIÓN POR PROCESO CONSTRUCTIVO.	117
<i>FIGURA 103.</i> DESARROLLO GRAFICO DEL PROYECTO “CURVA S”,	120
<i>FIGURA 104.</i> RESUMEN DEL DESARROLLO ECONÓMICO DEL PROYECTO. DESDE EL MONTO CONTRACTUAL HASTA EL VALOR FINAL VALORIZADO.	122

LISTA DE ANEXOS

ANEXOS 1 PACKING LIST DEL PROYECTO.....	129
ANEXO 2: CRONOGRAMA DEL PROYECTO.....	130
ANEXO 3: FORMATO DE REPORTE DIARIO APLICADO EN EL PROYECTO.....	136
ANEXO 4: CURVA S DETALLADA DEL PROYECTO	138
ANEXO 5: FORMATOS DE REPORTE SEMANAL DE IMCO PARA SPCC.....	139
ANEXO 6: PLANES DE IZAJE.....	143
ANEXO 7: CRONOGRAMA VALORIZADO	146
ANEXO 8: PUNCH LIST DEL PROYECTO.....	147
ANEXO 9: WPS DEL PROYECTO.....	150
ANEXO 10: RUTA CRÍTICA DEL PROYECTO.....	152
ANEXO 11: PLANOS DEL PROYECTO:	155

RESUMEN

En el presente informe de trabajo de suficiencia profesional, se expone el desarrollo del proyecto “Servicios de Reparación de Espesador de Ø 54m de Diámetro en Mina Cuajone” (Espesador THK-54).

El espesador de relaves THK-54, es de alta densidad, este tipo de espesador es considerado en los procesos mineros modernos como espesadores de alto rendimiento por la cantidad de agua que pueden recuperar para retornar al proceso. Esto ha motivado que diferentes centros metalúrgicos opten por instalar este tipo de Espesador y reemplazar a los espesadores convencionales.

En este sentido SPCC (Southern Perú Copper Corporation) construye en el 2017 un nuevo espesador de alto rendimiento de 54 metros de diámetro para reemplazar a sus 03 espesadores convencionales de 131 metros de diámetro denominados espesador 1, 2 y 3.

En el 2018, SPCC finaliza la construcción del Nuevo Espesador que no logra poner en servicio por presentar fallas de diseño evidentes ya en la etapa de pruebas con carga. Por esta razón SPCC contrata a IMCO (IMCO SERVICIOS S.A.C) para ejecutar el rediseño planteado por TENOVA que consiste en la reparación y reforzamiento del Espesador bajo el contrato L8-C34-001.

En octubre del 2018, IMCO inicia actividades de construcción electromecánica y pruebas de Comisión y puesta en marcha según los planos y especificaciones técnicas de TENOVA, logrando en marzo del 2019 poner en servicio el Espesador THK-54 después de recibir la conformidad por parte del área de proyectos y operaciones de SPCC.

Termino clave: Espesador de relaves, reparación y reforzamiento de Espesador.

ABSTRACT

In the present report of work of professional sufficiency, the development of the project “Repair services for Thickener of Ø54m of Diameter in Cuajone Mine” (Thickener THK-54).

The THK-54 tailings thickener is a high density thickener, this type of thickener is considered in modern mining processes as high performance thickeners due to the amount of water that can be recovered and returned to the process. This has motivated different metallurgical centers to install this type of thickener and replace conventional thickeners.

In this regard SPCC (Southern Peru Copper Corporation) builds in 2017 a new high performance thickener of 54 meters in diameter to replace its 03 conventional thickeners of 131 meters in diameter called thickener 1, 2 and 3.

In 2018, SPCC completes the construction of the New Thickener that fails to put into service due to evident design flaws already in the load testing stage. For this reason SPCC hires IMCO (IMCO SERVICIOS S.A.C) to execute the redesign proposed by TENOVA consisting of the repair and reinforcement of the Thickener under contract L8-C34-001.

In October 2018, IMCO starts electromechanical construction activities and Commissioning and start-up tests according to TENOVA's drawings and technical specifications, achieving in March 2019 to put into service the THK-54 Thickener after receiving the conformity from SPCC's projects and operations area.

Key Term: Tailings thickener, repair and reinforcement of thickener.

INTRODUCCIÓN

La puesta en servicio del Espesador THK-54 supone para SPCC dejar de depender de 03 espesadores convencionales de 131 metros de diámetro en Cuajone, manteniendo su misma capacidad de producción, de 96,000.00 TMSPD.

El informe detalla la metodología desarrollada para ejecutar el proyecto “Servicios de Reparación de Espesador de Ø 54m de Diámetro en Mina Cuajone” desde la planificación hasta las pruebas en vacío y con carga para verificar la operatividad del Espesador junto con TENOVA y SPCC.

TENOVA como fabricante del nuevo espesador presenta un rediseño a SPCC, que consiste en reparar los componentes que se deformaron en las pruebas con carga, para lo cual se debió desmontar estos elementos, además se realizó trabajos de montaje de nuevos equipos en el Drive, el reforzamiento de la columna principal del espesador y montaje de nuevas estructuras en el área de las rastras.

El desarrollo de la investigación se muestra por capítulos ordenados de la siguiente manera: El capítulo I, da a conocer los aspectos más importantes de la empresa IMCO Servicios S.A.C. El capítulo II, explica los antecedentes, objetivos, justificación y resultados esperados de la investigación. El capítulo III, desarrolla toda la teoría relacionada a la investigación. El capítulo IV, describe la actividad profesional, detalla el desarrollo del proyecto considerando, la metodología, las técnicas e instrumentos. El capítulo V, es un análisis de los resultados alcanzados por la actividad realizada. Finalmente se muestran las conclusiones y recomendaciones.

El Autor

CAPITULO I. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA O INSTITUCIÓN.

1.1 Datos generales de la institución.

IMCO SERVICIOS S.A.C es una empresa arequipeña con gran presencia en la región sur del país. Es una empresa estructurada para el rubro de la ingeniería de proyectos, fabricaciones metal mecánicas, equipos y del mantenimiento industrial y minero (1)

La empresa cuenta con una importante cartera de clientes en las minas más importantes del sur, estos clientes van desde minas consolidadas como Southern Copper Corporation y Cerro Verde, hasta nuevos importantes clientes con proyectos en la mina Las Bambas y Quellaveco. En este último actualmente forma parte del portafolio de empresas responsables de la construcción de este nuevo asentamiento minero en Perú.

La fecha de inicio de todas sus actividades fue el 20 de junio del 2006, como principales datos tiene:

- Razón Social: IMCO SERVICIOS S.A.C
- Dirección: Vía de Evitamiento Km 3 – Cercado – Arequipa
- RUC: 2045427676



Figura 1. Vista por fuera de la planta de IMCO Servicios en Arequipa. Tomado de Brochure Corporativo de IMCO (1 p.2).

1.2 Actividades Principales de institución y/o empresa.

Como líneas de Negocio de IMCO SERVICIOS S.A.C tenemos:

- Ingeniería y fabricación: Desarrolla la ingeniería de detalle para la fabricación de Estructuras, Equipos y Herramientas principalmente para la minera Cerro Verde, Toquepala y Quellaveco.
- Proyectos de Construcción: IMCO SERVICIOS S.A.C comenzó realizando trabajos de fabricación a Cerro Verde para sus proyectos de ampliación y ejecuta proyectos de diferente envergadura para la minera e Industria. Los proyectos que emprende van desde proyectos de Montaje donde solo es responsable de la construcción en obra hasta proyectos del tipo EPC (Ingeniería, Procura y Construcción)
- Control de Calidad: Con su socio estratégico MERSERCUA realizara servicio de control de calidad y pruebas DT (Pruebas destructivas) y NDT (Pruebas no destructivas).
- Alquiler de Maquinaria: Con su socio estratégico GRÚAS Y TRANSPORTES SAN LORENZO (Figura 2) puede ejecutar trabajos de montaje que involucre grúas telescópicas, transporte con modulares, además del alquiler de diferentes equipos de izaje como son Manlift, Camión grúa articulado, Elevadores Hidráulicos y Camabajas.



Figura 2. Vista del interior de la empresa San Lorenzo. Tomado de Brochure Corporativo IMCO (1).

1.3 Reseña histórica de la institución y/o empresa.

El 20 de junio del año 2006 los hermanos Manuel Cabanillas y Misael Cabanillas fundan la empresa Ingeniería Servicios Mantenimiento y Construcción S.A.C (IMCO SERVICIOS S.A.C) en la ciudad de Arequipa, Perú, debidamente registrada.

Desde entonces IMCO mediante la modalidad outsourcing realiza servicios especializados para la industria y la minería.

Actualmente (2001) emplea a 1581 personas en sus diferentes actividades. Respecto a su planta principal en Arequipa viene realizando mejoras tecnológicas y de gestión; teniendo un proceso de fabricación actual por equipos CNC.



Figura 3. Equipos principales de IMCO SERVICIOS S.A.C. Tomado de Brochure Corporativo IMCO (1 p.19).

1.3.1 Valores Corporativos.

A continuación, se muestran los valores corporativos de IMCO SERVICIOS S.A.C:

- **TRABAJO EN EQUIPO:** El esfuerzo colaborativo de IMCO para alcanzar las metas de la manera más efectiva y eficiente posible.
- **RESPONSABILIDAD:** Involucrados constantemente con la seguridad propia y de sus compañeros, así como satisfacer las exigencias del cliente.
- **INNOVACIÓN:** La búsqueda soluciones creativas desarrollando innovación en el servicio y entre equipo para generar valor agregado al trabajo.
- **DISPONIBILIDAD:** Compromiso para atender las 24 horas del día, los 365 días del año.
- **SUPERACIÓN:** Búsqueda continua del desarrollo personal y profesional de los integrantes de IMCO y de la empresa.
- **EFICIENCIA:** IMCO se esfuerza por la eficiencia, utilizando las mejoras prácticas administrativas de tiempo y optimización de recursos ejecutando con procedimientos dinámicos consiguiendo el máximo rendimiento.
- **CALIDAD:** IMCO se enorgullece de ofrecer servicios de alta calidad garantizando la satisfacción del cliente y el crecimiento de la empresa.

1.4 Organigrama de la institución o empresa.

Imco Servicios S.A.C presenta el siguiente organigrama específico para el proyecto “Servicio de Reparación y Reforzamiento de Espesadores” (Ver figura 04).

El proyecto de Servicio de Reparación y Reforzamiento de Espesadores se encuentra estructurado bajo los lineamientos del cliente Southern Cooper Corporation (SPCC) para proyecto de inversión.

En este tipo de proyecto el bachiller se desenvuelve como Supervisor de Planeamiento y Control de proyectos, teniendo responsabilidad de planeamiento, seguimiento de ejecución y control del proyecto, garantizando el cumplimiento del alcance del proyecto en el tiempo planeado y con el presupuesto estimado.

El organigrama mostrado a continuación es el aprobado por el cliente SPCC para la ejecución del proyecto.

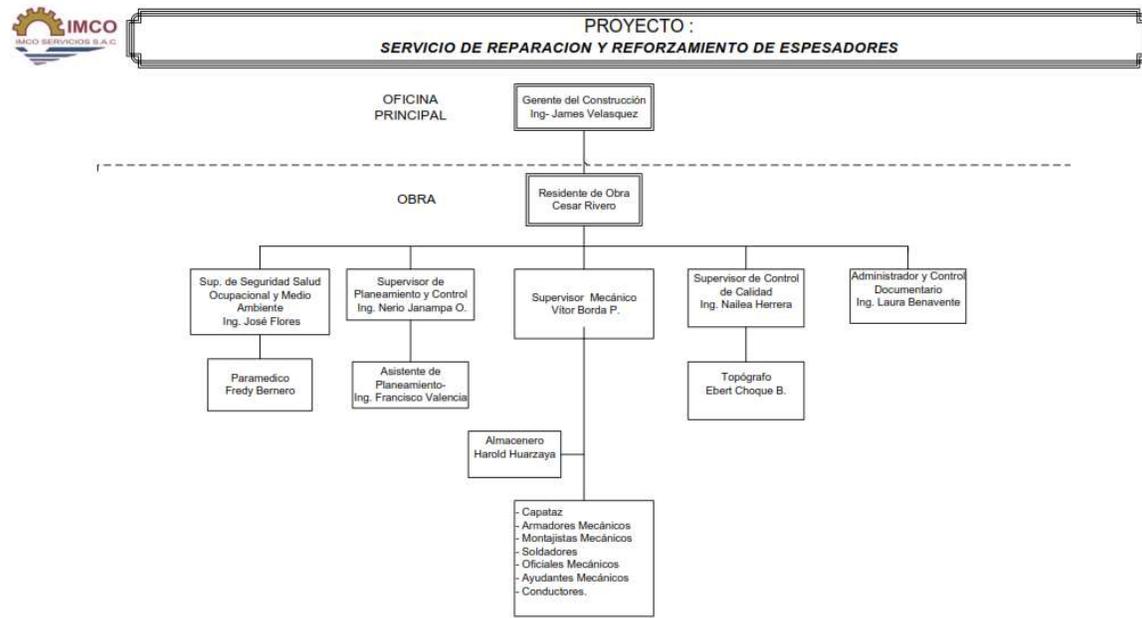


Figura 4. Organigrama del Proyecto Servicio de Reparación y Reforzamiento de Espesadores.
Fuente: Elaboración propia

1.5 Visión, Misión y Propósito.

Misión: Ofrecer a nuestros clientes productos y servicios de alta calidad, que satisfagan sus necesidades, cumpliendo los estándares internacionales en todas nuestras opciones.

Visión: Ser la empresa de servicios múltiples, líder en el Perú y con proyección internacional, cumpliendo los más altos estándares internacionales de seguridad, calidad y Medio ambiente.

Propósito: Nuestro propósito en IMCO es desafiarnos a nosotros mismos con innovación, calidad y disponibilidad manteniendo una gestión responsable, transparente y ética que genere valor y beneficios a nuestros clientes, colaboradores, comunidades y al Perú.

1.6 Bases legales o documentos administrativos.

- Decreto Supremo 026-2016-EM; Decreto supremo que aprueba el reglamento de Seguridad, Salud ocupacional y otras medidas complementarias en minería y su modificatoria DS-023-2017 EM.
- Ley N°29733; Esta ley tiene el objeto de garantizar el derecho fundamental a la protección de los datos personales, previsto por el artículo 2, numeral 6 de la constitución política del Perú, a través de su adecuado tratamiento, en un marco de respecto a los demás derechos fundamentales que en ella se reconocen.
- Ley de modernización de la seguridad Social en Salud, Reglamento de la ley de modernización de la seguridad Social en Salud. Ley 26790, y su reglamento DS 009-97-SA. Modificaciones: 043-2016-SA 002-2017-SA.
- Texto único ordenado de Reglamento nacional de Responsabilidad Civil y Seguros Obligatorios por accidentes de tránsito. DS 024-2002-MTC.
- Ley de Seguridad y salud en el trabajo; LEY N° 30222 que modifica la ley 29873 ley de Seguridad y Salud en el trabajo. Ley 29783; Ley 30222.
- Reglamento de la Ley N° 29783, Ley de Seguridad y Salud en el trabajo; DS 005-2012 TR.
- DS 006-2014-TR Modifican el reglamento de ley N° 29783, ley de seguridad y salud en el trabajo. DS 006-2014-TR.
- Reglamento de Seguridad y salud en el trabajo de actividades eléctricas-2013 (deja sin efecto el RM 161-2007-MEM/DM). RM 111-2013-MEM/DM.
- Ley que dispone medidas preventivas contra los efectos nocivos para la salud por la exposición prolongada a la radiación solar. Ley N° 30102.
- Reglamento sobre valores límite permisibles para agentes químicos en el ambiente de trabajo. DS 015-2005-SA.

- Ratifican el convenio N° 127 de la organización internacional del trabajo OIT relativo al peso máximo de carga que puede ser transportada por un trabajador. D.S N° 029-2007-RE.
- Normas básicas de Ergonomía y de procedimiento de evaluación de riesgo disergonómico. RM 375-2008-TR.

1.7 Descripción del área donde realiza sus actividades profesionales.

Realice la función de Supervisor de Planeamiento y Control de Proyectos para la contratista IMCO SERVICIOS S.A.C durante el proyecto “Servicio de Reparación Del Espesador de 54m de diámetro de mina Cuajone”.

Este proyecto se realizó bajo el contrato N° L8-C34-001 y tiene las siguientes etapas de construcción:

- Obras Preliminares: Consiste en el proceso de preparación de documentación, habilitado de personal y la movilización a la zona asignada de equipos, oficinas e instalaciones.
- Construcción y Montaje: Esta etapa del proyecto se divide en 3 zonas de montaje mecánico; montaje de estructuras en Rastras, Montaje electromecánico de Driver y Reforzamiento de Zuncho.
- Pruebas: Esta se divide en 3 fases; Precomisionado, Comisionado y Puesta en Marcha del Espesador de Relaves.

1.7.1 Área de Planeamiento y Control de proyectos.

El proyecto “Servicio de Reparación Del Espesador de 54m de diámetro de mina Cuajone” comprende actividades de montaje mecánico, reforzamiento mecánico de estructuras, Precomisionado, Comisionado y Puesta en Marcha.

Dentro de este proyecto el área de Planeamiento y Control de proyectos es responsable de la planificación inicial llevado a un cronograma de línea base, el seguimiento del proceso constructivo con el control de alcance, gestión de recursos, control de equipos, gestión del tiempo, planes semanales, reportes diarios y Valorizaciones.

1.8 Descripción de cargo y de las responsabilidades del bachiller en la institución y/o empresa.

1.8.1 Descripción del Cargo

El cargo asignado en el proyecto fue de Supervisor de Planeamiento y Control de Proyectos. Realizando el cronograma del proyecto y la respectiva línea base cero "L.B 0", el seguimiento del proceso constructivo, reportes y se apoyó en la supervisión en la etapa de pruebas de Precomisionado, comisionado y Puesta en marcha.

1.8.2 Responsabilidad del bachiller.

- Identificar la ruta crítica o la lógica dura del proyecto. Esta secuencia se debe mostrar en el cronograma del proyecto.
- Generación de Lookahead o Plan de 03 semanas o más conocido como Three Week por el uso frecuente del inglés en proyectos.
- Realizar el reporte para el cliente: Reporte diario, reporte semanal y Reporte mensual.
- Seguimiento de Avance físico, actualizando el valor ganado del proyecto con sustento por el área de oficina técnica de metrados para partidas a precios unitarios y criterios de avance para partidas a zuma alzada. Todo esto se carga a al cronograma en Ms Project y al Excel.
- Presupuesto de trabajos complementarios solicitados por el cliente SPCC y por cambio de alcance.
- Valorización del proyecto; cuantificación económica del valor ganado del servicio para crear flujo de caja.
- Supervisión del personal en las pruebas mecánicas de Espesador de Relaves.

CAPITULO II. ASPECTOS GENERALES DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES

2.1 Antecedentes o diagnóstico situacional.

En el año 2015 la Planta concentradora de Cuajone de SOUTHERN PERÚ contaba en su sistema de Espesamiento con 03 espesadores de relave convencionales denominado 1, 2 y 3 de 131 metros de diámetro cada uno y un Espesador de Relave de alto rendimiento de 42.7 metros, denominado espesador número 04.

En este momento Cuajone procesaba 80,000.00 toneladas métricas secas por día (TMSPD) en promedio con una capacidad nominal de 96,000.00 TMSPD. En su sistema de Espesamiento, el espesado de relaves de alto rendimiento numero 04 procesa el 45.5% del relave.

La planta concentradora Cuajone tiene proyectado ampliar su producción de 96 mil TMSPD a 120 mil TMSPD para lograrlo requiere construir 02 Espesadores de alto rendimiento para reemplazar los 03 espesadores convencionales de 131 metros de diámetro y lo hará en 02 etapas.

Cuajone Ejecuto la primera etapa con la construcción de un espesador de relaves de alto rendimiento hasta el año 2018.

Durante las pruebas con carga del nuevo espesador de 54 metros de diámetro presenta fallas operativas que hacen imposible su puesta en servicio, las fallas que presento son las siguientes:

- Los Blades de las rastras se flexionan con carga durante el giro del espesador.
- Los Blades del Scraper se flexiona en las pruebas con carga.

- La potencia del equipo no es suficiente para realizar trabajo a plena carga y por un periodo de tiempo prolongado.
- El eje principal del Espesador de relaves “Zuncho” requiere reforzamiento porque fue diseñado para la potencia que no corresponde.

La flexión de los Blades es del tipo plástico (permanente) sin llegar a rotura.

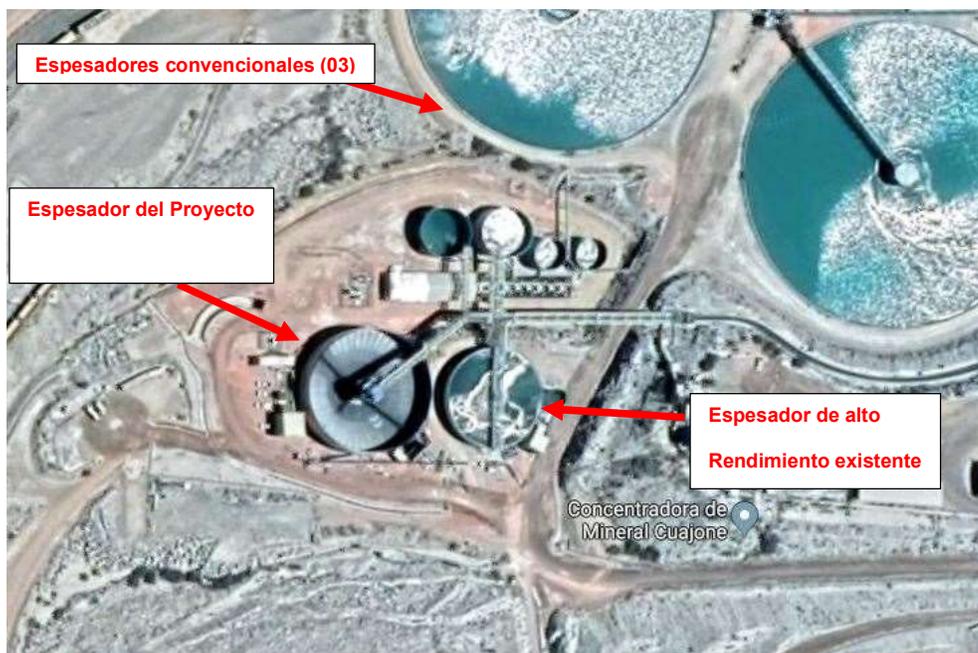


Figura 5. Ubicación del nuevo Espesador de 54 metros. Tomado de “Google earth”

2.2 Identificación de oportunidades o necesidad en el área de actividad profesional.

En proyecto se encontró que SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION (SPCC) tiene la necesidad de poner en servicio el nuevo Espesador de relaves de 54 metros de diámetro para reemplazar a los 03 espesadores convencionales de 131 metros de diámetro.

Para poner en servicio este nuevo espesador, SPCC necesita contratar a una constructora con experiencia en este tipo de servicios. Bajo esta situación el 17 de octubre del 2018, se realiza la firma del contrato L8-C34-001 entre SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION e IMCO SERVICIOS S.A.C (IMCO) para llevar a cabo el proyecto “Reparación de Espesador de 54 metros de diámetro en mina Cuajone”.

Este proyecto implica el desarrollo del reforzamiento mecánico según el alcance del proyecto y lo especificado por TAKRAF TENOVA, la cual es la empresa responsable del diseño de

este nuevo espesador de alto rendimiento y como garantía por la venta del equipo realizara la función de supervisar a la contratista en la ejecución del proyecto. TAKRAF TENOVA necesita que IMCO realice la reparación y el reforzamiento de su espesador según su diseño para esto brinda a IMCO todos los planos de las zonas implicadas en el servicio.

IMCO para satisfacer la necesidad del cliente y garantizar cumplir con las especificaciones técnicas de TENOVA, requiere contar en su equipo con profesionales de la especialidad en ingeniería mecánica por el perfil del proyecto. Respecto al área de planeamiento y control de proyectos requiere de un profesional con experiencia en ejecución y seguimiento de proyectos electromecánicos de equipos mineros.



Figura 6. Vista de Espesor de Relaves N°05 de Cuajone en el inicio del proyecto. Elaboración propia.

2.3 Objetivos de la actividad profesional.

2.3.1 Objetivo General.

Realizar la reparación y reforzamiento del Espesador THK-54 dejándolo operativo para su servicio en la minera Cuajone cumpliendo con todas las especificaciones técnicas requeridas por SPCC y TENOVA.

2.3.2 Objetivo Específico.

- Rediseño del Nuevo Espesador; TENOVA ha realizado una reingeniería para reforzar el equipo y presenta esta propuesta a SPCC en planos de construcción que deben ser ejecutados por IMCO.
- Reparación de componentes que fallaron durante prueba con carga en el proyecto anterior, reparación de elementos de rastras largas, rastras cortas y Scraper. Cambio de elementos por perfiles de mayor espesor.
- Reforzamiento de componentes principales de Espesador, Reforzamiento mediante soldadura de placas en columna principal o zuncho, reforzamiento de Drive mediante soldadura de placas para aumentar su espesor en conjunto y lograr que sea una estructura más resistente a la torsión.
- Desmontaje de Motorreductores existentes y montaje de nuevos motorreductores de mayor capacidad para obtener un mayor toque en operación.
- Realizar las pruebas de Precomisionamiento, Comisionamiento y puesta en marcha para asegurar que el equipo quede operativo y listo para su servicio.

2.4 Justificación de la actividad profesional.

2.4.1 Justificación técnica.

Para poner en operación el Espesador de Relaves THK-54, TENOVA, responsable del diseño de este equipo ha desarrollado una solución técnica que consiste en la reparación y reforzamiento de elementos específicos del Espesador.

TENOVA suministra planos donde se detalla los elementos que se deben cambiar y reforzar del Espesador.

El espesador presenta fallas de diseño en las rastras, el eje principal y el sistema motriz "Drive". Son estas zonas donde IMCO debe realizar trabajos de desmontaje de elementos

deformados, reparación con soldadura, montaje de nuevos elementos e instalación por soldadura, montaje de equipos motrices y su alineamiento, control de calidad, touch up y pruebas para asegurar la operatividad del Espesador y servicio esperado en el tiempo de año sin problemas hasta su mantenimiento preventivo en la parada de la mina.

2.4.2 Justificación económica.

La puesta en servicio del Espesador de alto rendimiento de 54 metros de diámetro dejara fuera de servicio a 03 espesadores convencionales de 131 m de diámetro. Esto desde la perspectiva de la operación anual de los espesadores es un ahorro en mantenimiento y control de los equipos. En la tabla 1 se presenta la comparación de costo operacional previsto entre los 03 espesadores convencionales actuales de Cuajone y el nuevo espesador de alto rendimiento en Cuajone por el periodo de un año.

2.4.3 Justificación social.

Con la puesta en servicio del Espesador THK-54 se podrá recuperar mayor cantidad de agua de los relaves y reutilizar en el proceso de concentración de cobre.

En el año 2020 más del 70% del agua utilizada en las operaciones de SPCC en Perú fue agua recupera y eso es debido a la inversión en nuevos espesadores de alto rendimiento (2)

2.4.4 Justificación profesional.

Con la reparación y reforzamiento del nuevo Espesador de alto rendimiento de 54 metros “THK-54” se llevará a servicio este equipo que deberá mantener la producción nominal de SPCC de 96,000.00 TMSPD, pero dejando fuera de servicio a 03 Espesadores convencionales existentes.

A demás la puesta en servicio del Espesador THK-54 representa para SPCC concluir la primera etapa de su proyecto principal L4-C34-001 “Reemplazo de Espesadores convencionales por Espesadores de alto rendimiento” con una segunda etapa donde deben construir un nuevo Espesador de alto rendimiento y cumplir con su producción proyectada de 120,000.00 TMSPD.

De esta manera SPCC firma el contrato L8-C34-001 con IMCO, comenzando e inicio del proyecto “Servicio de Reparación de Espesador de relaves de 54 metros de diámetro”.

Tabla 1. Costo Anual de operación de Espesadores en Perú.

COSTO ANUAL DE OPERACIÓN DE ESPESADORES			
Item	Trabajos típicos de mantenimiento Espesador	Espesador Convencional	Espesador Alto rendimiento
	Cantidad de equipos en Minera Cuajone.	3	1
1.0	Costo Total - mantto - Parada	S/. 131962,35	S/. 137363,00
1.01	Inspección y reforzamiento de Pipe Rack.	S/. 50000,00	S/. 25000,00
1.02	Cambio de Canaleta de agua recuperada.	S/. 18271,50	S/. 24362,00
1.03	Mantenimiento de sistema motriz de levante	S/. 28875,00	S/. 38500,00
1.04	Inspección de Rastras y reparación por soldadura	S/. 26297,50	S/. 21038,00
1.05	Inspección de Scraper y reparación por soldadura	S/. 3155,85	S/. 7013,00
1.06	Inspección de Cuerpo de tanque y reparación	S/. 5362,50	S/. 21450,00
2.0	Costo Total - mantto - Parada por los equipos	S/. 395887,05	S/. 137363,00
3.0	Costo de operación de equipos / año	S/. 162000,00	S/. 162000,00
4.0	Costo de mantenimiento preventivo / año	S/. 496800,00	S/. 165600,00
5.0	Gastos Generales	S/. 189843,67	S/. 83693,34
	(S/.) Costo anual de operación de los equipos:	S/. 1244530,72	S/. 548656,34
	(\$) Costo anual de operación de los equipos:	\$ 345702,98	\$ 152404,54
	(S/.) Ahorro en operación anual prevista	S/. 695874,38	
	(\$) Ahorro en operación anual prevista	\$ 193298,44	

Nota: Cuadro comparativo de Costo de Operación entre 03 Espesadores Convencionales vs Espesador de alto rendimiento o de alta densidad

2.5 Resultados Esperados.

- a) Puesta en servicio del Espesador de Relaves de 54 metros de diámetro “THK-54”.
- b) Reparación de los componentes que sufrieron deformaciones en las rastras y eje del Espesador THK-54.
- c) Desmontaje de motorreductores existentes y montaje de nuevos reductores de mayor torque para Espesador.
- d) Reforzamiento de Eje principal del Espesador para mejorar su resistencia a la torsión en la operación.
- e) Reforzamiento de Drive del Espesador mediante el soldeo de placas para mejorar su resistencia a la flexión local.

CAPITULO III. MARCO TEÓRICO.

3.1 Bases Teóricas de las metodologías o actividades realizadas.

La teoría desarrollada para la reparación y reforzamiento del Espesador de Relaves N°05 que en adelante también se denominara como Espesador THK-54 son los siguientes:

3.1.1 ¿Qué es un Espesador de Relaves?

El espesador de Relaves es un equipo electromecánico que aprovecha el efecto de la gravedad y uso de floculantes para lograr la separación de líquido y sólido de la pulpa proveniente de un proceso preliminar (2).

El líquido clarificado es retirado por el equipo en la parte superior por el rebose denominado overflow y la pulpa sedimentada es retirada por la inferior del cono denominado underflow.

En la figura 7 se puede ver en las zonas del espesador durante el proceso:

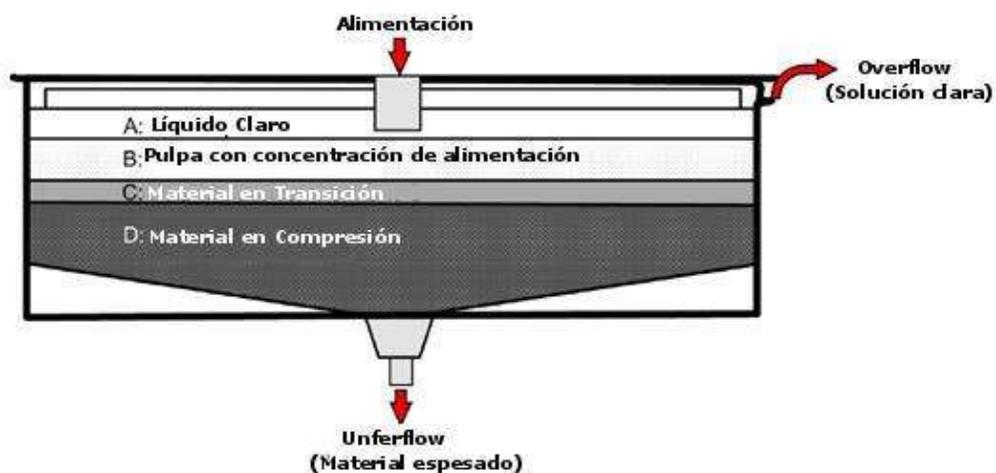


Figura 7. Zonas en el espesador de relaves. Tomado de «Estudio y evaluación del sistema de Espesadores de relave de la división andina mediante herramientas de simulación computacional» (3 p. 9)

Con la separación del sólido del líquido se consiguen 02 importantes objetivos para el proceso minero:

El agua es el elemento más importante del proceso y un espesador dependiendo del tipo puede recuperar entre 40% a 90% del agua utilizada en el proceso de Molienda y Flotación. Los espesadores convencionales recuperan el 40% del agua y los de alta densidad sobre el 60% de agua. (2)

La pulpa sedimentada contiene un % de humedad para poder ser transportado por tuberías mediante bombas centrífugas hasta el cajón de las bombas y se ahí es transportado a la presa de relaves. En la situación de la minera Cuajone las bombas centrífugas Warman impulsan la pulpa hasta el cajón colector del cual por gravedad debe poder fluir por el canal de relaves existente con pendiente promedio de -1%. Ver la siguiente figura 8:

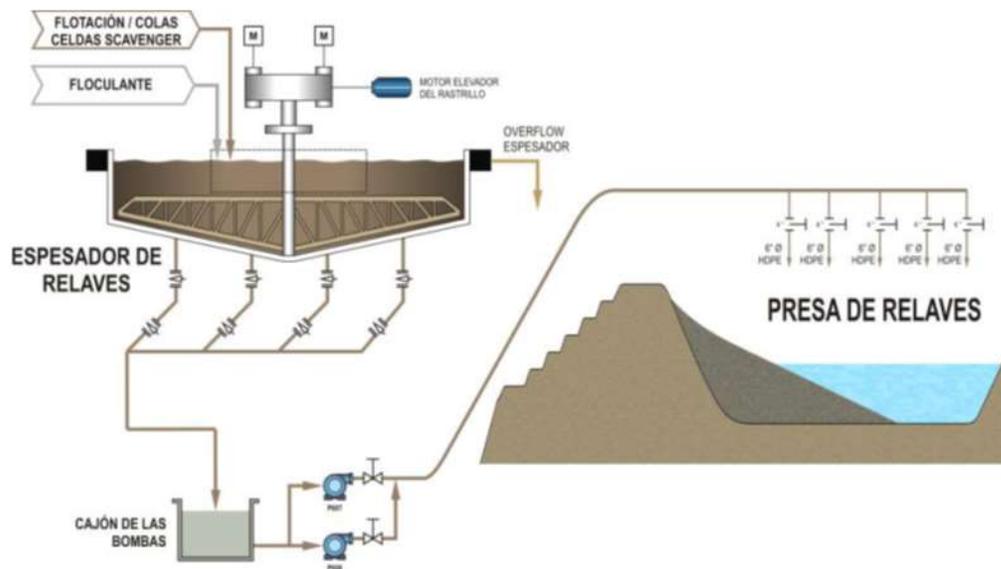


Figura 8. Diagrama de Espesamiento de Espesador de relaves. Tomado de «Criterios de Gestión de Mantenimiento de Plantas Concentradoras» (4 p.22)

Existen diferentes tipos de Espesadores siendo en la minería actualmente los principales:

- Espesadores Convencionales.
- Espesadores de alta capacidad.
- Espesadores de alta densidad.

En el presente informe se estudiará los espesadores de alta densidad o Espesadores de alto rendimiento por ser el tipo de espesador que se reparó y reforzó en el proyecto.

3.1.1.1 Espesador de alto rendimiento o Espesador de alta capacidad

Conociendo la función principal de los espesadores relave describiremos en la siguiente figura la diferencia de estos tres tipos y detallaremos después el espesador del proyecto.

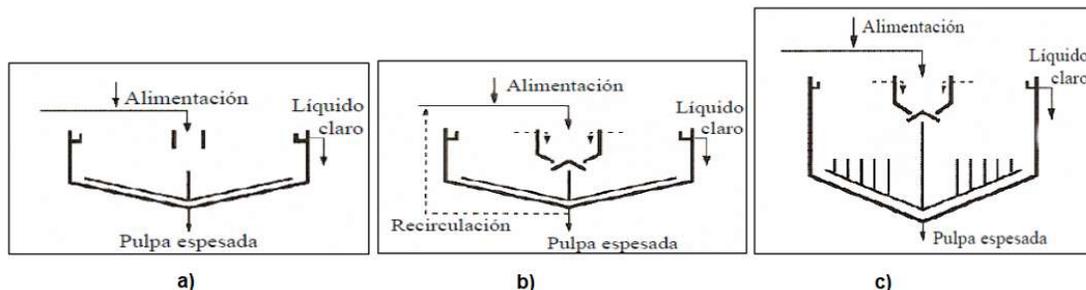


Figura 9. Diagramas de tipos de Espesadores, a) Espesador Convencional, b) Espesador de alta capacidad y c) Espesador de alta densidad. Tomado de «Evolución evolución de los equipos de decantación para estériles de mina» (2 p.2)

a) Espesador Convencional: Este tipo de Espesador se caracteriza por que la alimentación se da por la parte superior lo que hace es que la pulpa de alimentación se mezcle con parte del agua recuperada. (2) Sus principales características geométricas y operativas son las siguientes:

- Son espesadores de poca altura con inclinación promedio de 10° en el cono.
- “Su lecho de lodos (sólidos) es de un metro promedio”. (2 p.23)
- Por lo general se considera como diámetro máximo para estos espesadores de 125 m , pero puede ver más grandes. Los tres espesadores convencionales de Cuajone son de 137 metros de diámetro.
- No tiene capacidad de producir pasta en el underflow.
- Su porcentaje de sólidos hundidos es bajo, entre 15 y 40% del flujo de alimentación.



Figura 10. Espesador convencional con fondo y paredes de concreto armado. Tomado de «Expertos en filtrado, separación de sólidos y tratamientos de residuos líquidos, Metalizaciones industriales y marinas (5)

- b) Espesador de alta capacidad: Conocidos en la industria minera por sus siglas en inglés como “HCT” (High Capacity Thickener) o también como “HRT” (High Rate Thickener). El desarrollo de estos tipos de espesadores viene con la mejora de la efectividad de los floculantes.

Los espesadores separan los sólidos del líquido por la ley de Stokes o ley de densidades. El floculante es la sustancia que aumenta la densidad de los sólidos mejorando la sedimentación (2)

Las principales características geométricas y de operación son las siguientes (2):

- La alimentación del flujo de pulpa es por una bandeja hasta un punto muy profundo lo cual genera en la mezcla una suspensión mayor por esta razón en muchas ocasiones se debe reciclar parte de la descarga del espesador con el objetivo de mejorar la concentración antes del ingreso al equipo.
- La capacidad del Espesador está en función de la razón de sedimentación, lo cual no existe en este tipo por ese se consideran de alta eficiencia.
- Generan mayor torque en las rastras al generar mayor carga por unidad de área.
- Inclinación promedio en cono de 10° .

- Lecho de lodos entre un metro a tres metros.
- Diámetro máximo aproximado de 100 metros.
- Sólidos hundidos entre 15 a 40%.
- La introducción de sólidos floculados maximiza la sedimentación y mejora la claridad del rebose "Overflow".
- Debido a que la resistencia de sedimentación está en minutos y no en horas como los Espesadores convencionales, son inestables y difíciles de operar.

c) Espesador de alta Densidad o de alto rendimiento: Desde que empezó a desarrollar la tecnología de los espesadores de alta densidad "HDT" comenzaron a sustituir a los espesadores convencionales y a los de alta capacidad.

Su ventaja sobre los anteriores tipos es que puede eliminar mayor cantidad de agua de la pulpa además de alcanzar mayor tasa de sólidos en el underflow para mayor producción y sin un coste excesivo de inversión.

Su principal característica geométrica y de operación son las siguientes (2):

- Inclinación promedio en cono de 15° a 20°.
- Lecho de lodos de 3 metros.
- Diámetro máximo de diseño es de 100 metros, aproximado.
- A diferencia de los anteriores si puede producir pasta.
- Los sólidos obtenidos fluctúan los 30 a 60%.
- Poseen una altura mayor a los anteriores con un cono central para mejorar el flujo de los sólidos depositados.



Figura 11. Foto de Espesador de alto rendimiento o Espesador de alta densidad. Obtenido de Tecnología Minera (6)

3.1.1.2 Partes principales de un Espesador de Relaves de alto Rendimiento.

En la siguiente figura se describen las partes del Espesador de relaves:

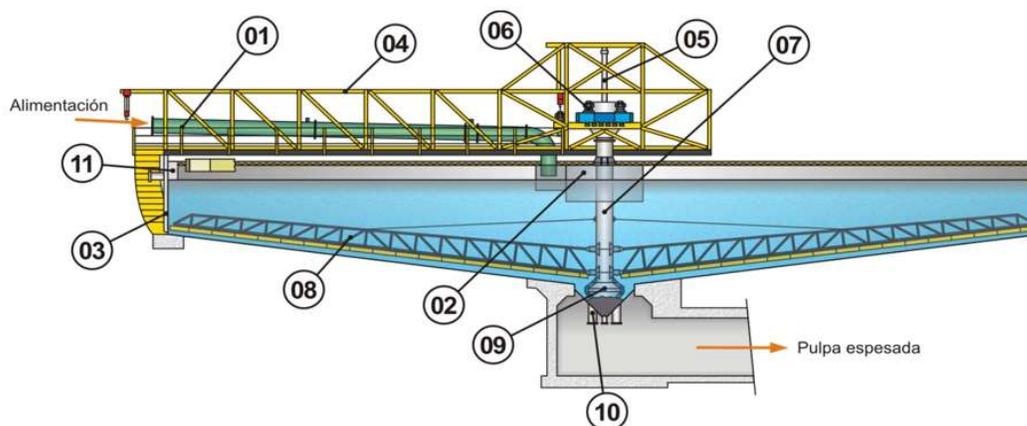


Figura 12. Partes de un Espesador de relaves HDT. Tomado de «Criterios de Gestión de Mantenimiento de Plantas Concentradoras» (4 p.20)

De la figura 12 se detalla los siguientes elementos:

01: Tubería de Alimentación: Sistema de ingreso de pulpa y agua del proceso anterior al Espesador.

02: Cajón Colector: Elemento del Espesador que distribuye de manera uniforme la pulpa hacia el espesador para minimizar la turbulencia

03: Tubería de Floculante: Tubería de alimentación de floculante al espesador desde la planta de floculantes.

04: Pipe Rack. Soporte estructura de tubería de alimentación de pulpa.

05: Sistema de Levante Hidráulico. Sistema que eleva y descende las rastras del espesador dependiendo del torque en operación seteado.

06: DRIVE: Conjuntos de equipos de potencia que generan el torque necesario para hacer girar las rastras transmitiendo energía mecánica de los reductores a la corona del Espesador. Dependiendo del modelo están formados desde 01 hasta 06 equipos motrices.

07: Zuncho: Eje principal del Espesador que sirve de soporte al sistema de DRIVE.

08: Rastras: Estructura metálica que sirve para conducir la pulpa sedimentada al cono del espesador. Formado generalmente por 02 rastras largas, 02 rastras cortas y 04 rastras en el cono denominado Scrapers.

09: Cono de Espesador: En esta zona se encuentran los Scaper y la sedimentación conducida del Espesador.

10: Tubería del Underflow: Tuberías de descarga de pulpa sedimentada fuera del espesador.

11: Canaletas del Espesador o Overflow: Estructuras perimetral que capta el agua clarificada y la conduce al sistema de agua recuperada para su reutilización.

3.1.2 Reparación y Reforzamiento por soldadura de estructuras en el Espesador de

Relave THK-54.

Para ejecutar las actividades de reparación y reforzamiento mediante la instalación de nuevas placas en el Espesador THK-54 fue necesario conocer ciertas variables independientes de las cuales resulta la selección del proceso de soldadura y los controles de calidad.

3.1.2.1 Material base de las placas de reforzamiento.

El acero estructural más conocido en Perú es el que cumple con la norma ASTM A36 de grado 36, este acero se utiliza masivamente en la construcción metal mecánica, sin embargo, en el proyecto las fabricaciones que el cliente suministra son de la norma ASTM A 709 grado 50, este material tiene propiedades diferentes de soldeo.

El material ASTM A 709 grado 50 requiere un precalentamiento de 65°C diferente al ASTM A 36 que por buenas prácticas solo requiere una temperatura mayor a 10°C para mejorar la penetración de la soldadura, pero no lo exige la norma. Esta temperatura de precalentamiento se puede ver en la Tabla 2, donde se indica la temperatura mínima de precalentamiento en referencia al material base y al espesor de la plancha a soldar.

El acero ASTM A 709 grado 50 se utiliza principalmente en la fabricación de puentes, sus principales propiedades mecánicas son:

- Tensión: 65 min Ksi.
- Fluencia: 50 min Ksi.
- Elongación: 16% mínimo en 8"; 19% mínimo en 2".

3.1.2.2 Procesos de soldadura por arco eléctrico.

La soldadura por arco eléctrico es un proceso de unión entre dos elementos de manera localizada mediante la generación de calor que produce el arco entre el metal base y el medio de soldadura que puede ser el electrodo en el proceso manual, la varilla de tungsteno en el proceso GTAW, el alambre en el proceso FCAW o GMAW, entre otros que depende del tipo de proceso seleccionado y aprobado por el cliente.

Tabla 2. Precalentamiento mínimo para el soldeo por tipo de material.

Steel Specification	Welding Process	Thickness of Thickest Part at Point of Welding		Minimum Preheat and Interpass Temperature	
		in	mm	°F	°C
ASTM A36					
ASTM A53 Grade B		Sin precalentamiento.			
ASTM A106 Grade B					
ASTM A131 Grades A, B, CS, D, DS, E					
ASTM A139 Grade B					
ASTM A381 Grade Y35					
ASTM A500 Grade A					
Grade B					
Grade C					
ASTM A501 Grade A					
ASTM A516					
ASTM A524 Grades I & II					
ASTM A573 Grade 65					
ASTM A709 Grade 36	SMAW with other than low- hydrogen electrodes	Over 3/4 thru 1-1/2 incl.	Over 20 thru 38 incl.	150	65
ASTM A1008 SS Grade 30					
Grade 33 Type 1					
Grade 40 Type 1					
ASTM A1011 SS Grade 30		Over 1-1/2 thru 2-1/2 incl.	Over 38 thru 65 incl.	225	110
Grade 33					
Grade 36 Type 1					
Grade 40					
Grade 45		Over 2-1/2	Over 65	300	150
Grade 50					

Nota: Precalentamiento mínimo en la soldadura. Adaptado de «Código de soldadura Estructural D1.1/D1.1M» (7 pp. 57-59)

3.1.2.2.1 Selección del Proceso soldadura por arco eléctrico con alambre tubular (FCAW)

El proceso de soldadura es una actividad especializada que requiere de un profesional capacitado y homologado en un tipo de proceso para una posición de soldeo, un tipo de junta y material específico, estos datos se pueden ver en un documento denominado "Proceso Especifico de Soldadura (WPS" por sus siglas en ingles", se puede ver el WPS del proyecto en el Anexo N°09. Este documento lo aprueba una empresa especializada bajo la supervisión de un CWI-AWS que son las iniciales de "Inspector Certificado en soldadura" en inglés.

Los tipos de proceso de soldadura de arco eléctrico se pueden ver en la tabla 3. El proceso de soldadura es una variable dependiente de las características de soldeo en

el proyecto. Entre todas las características necesarias para la seleccionar un proceso de soldadura en el proyecto fue determinante los siguientes:

- Tipo de material: ASTM A 709 grado 50, este material de acero al carbón de baja aleación es soldable con el proceso SMAW con electrodos de bajo hidrogeno, proceso SAW, GMAW y FCAW con precalentamiento como se vio en la tabla 2 de la norma D1.1/D1.1M (7). Ver Tabla 2.

Tabla 3. Procesos de soldadura por Arco Eléctrico

Denominación proceso	Significado
<i>SMAW: Shielded metal arc welding</i>	Soldadura por arco eléctrico revestido
<i>GMAW: Gas metal arc welding (MIG/MAG)</i>	Soldadura por arco eléctrico con alambre sólido y gas
<i>GTAW: Gas tungsten arc welding</i>	Soldadura por arco eléctrico con electrodo de Tungsteno y gas
<i>FCAW: Flux-cored arc welding</i>	Soldadura por arco eléctrico con alambre tubular
<i>SAW: Submerged arc welding</i>	Soldadura por arco eléctrico sumergido
<i>OFW: Oxy-fuel welding</i>	Proceso Oxi combustible

Nota: Se describe la abreviatura y el significado de los procesos del tipo soldadura de Arco eléctrico, tomado de «Estudio comparativo de soldadura mecanizada con procesos GMAW / FCAW o GTAW frente a procesos de soldadura manual en tubería de transporte de hidrocarburos» (8 pp. 23-24)

- Espesor de Placas: En su mayoría las planchas de refuerzo en el DRIVE y el Zuncho fueron mayores a 25 mm hasta 32 mm. Esto requiere para soldar varios pases desde la raíz hasta el acabado de la soldadura para cumplir con el espesor mínimo de soldadura indicado en la tabla 3.5 de la norma AWS D1.1/D1.1M, se puede ver descrito en la tabla 4 para juntas a penetración parcial (PJP). De este punto se puede notar crítico el tiempo de ejecución de la soldadura.
- Posición de Soldadura: La posición de la soldadura es plana, horizontal, vertical y sobre cabeza según detalles de planos facilitado por TENOVA, debido a esto se descarta el procedimiento de soldadura SAW porque solo se puede realizar en posición horizontal y plana (9).

Tabla 4. Espesor mínimo de soldadura por espesor de metal base

Base Metal Thickness (T) ^a	Minimum Weld Size ^b	
	in	mm
1/8 [3] to 3/16 [5] incl.	1/16	2
Over 3/16 [5] to 1/4 [6] incl.	1/8	3
Over 1/4 [6] to 1/2 [12] incl.	3/16	5
Over 1/2 [12] to 3/4 [20] incl.	1/4	6
Over 3/4 [20] to 1-1/2 [38] incl.	5/16	8
Over 1-1/2 [38] to 2-1/4 [57] incl.	3/8	10
Over 2-1/4 [57] to 6 [150] incl.	1/2	12
Over 6 [150]	5/8	16

Nota: Espesor mínimo de soldadura para según espesor de metal base. Adaptado de «Código de soldadura Estructural D1.1/D1.1M», (7 pp. 57-59)

- Tiempo de Soldadura: El tipo de junta para el proyecto es en un 99% a penetración completa (CJP) lo que convierte al tiempo de soldeo en una variable crítica. Por el tiempo de ejecución de la soldadura, el tipo de soldadura seleccionado fue el de arco con núcleo de fundente (Flux Cored Arc Welding, FCAW) por brindar una mayor productividad y menor esfuerzo para el soldador que el tipo de soldadura de electrodo revestido manual (Shield Metal Arc Welding, SMAW). Esta diferencia se puede ver en la tabla 5.

Tabla 5. Comparación Tiempo de Soldadura entre procesos SMAW y Automático

COMPARACIÓN TIEMPO DE SOLDADURA ENTRE PROCESOS SMAW Y AUTOMÁTICO					
PROCESO		DIÁMETRO TUBERÍA (in)	ESPESOR DE LA JUNTA (mm)	TIEMPO TOTAL SOLDADURA	
PASE DE RAÍZ	PASE DE RELLENO Y PRESENTACIÓN			1 SOLDADOR	2 SOLDADORES
SMAW	SMAW	16"	13	84'35"	44'45"
RMD	SOLDADURA MECANIZADA PROCESO FCAW	16"	13	56'99"	30'14"
<i>DIFERENCIA TIEMPOS</i>				27'36"	14'31"

Nota: Tiempo de soldeo entre proceso FCAW y SMAW, la diferencia es de aproximadamente 30% en tiempo de ejecución. (8 p. 63)

3.1.2.3 Control de calidad de la soldadura.

El control de calidad de Soldadura es una técnica necesaria para asegurar que la soldadura cumpla con las especificaciones técnicas de AWS D1.1/D1.1M o lo que significa asegurar una soldadura de calidad para aceptación del cliente SPCC.

Como criterio de aceptación el cliente SPCC y TENOVA exige además de la inspección visual de la soldadura el procedimiento de Ensayos no destructivos (NDT, por sus siglas en ingles) de tintes penetrantes (PT, por sus siglas en ingles también)

El examen por tintes penetrantes "PT" tiene el objetivo de detectar fallas superficiales del cordón de soldadura como fisuras o discontinuidades mediante un procedimiento de aplicación uniforme de materiales que dejan una señal visible para el inspector de la soldadura. (10)

El procedimiento para el examen de PT es el siguiente: Se realiza la limpieza de la superficie de soldadura, se aplica en denominado tinte penetrante, este material ingresara a todas las fisuras que se tenga en el cordón de soldadura, se deja actuar por un tiempo que dependerá del tipo de material soldado, se renueva el exceso de tintes y se aplica el denominado revelador que extraerá a la superficie el tinte atrapado, por contraste se determinara la zona de falla si la hubiera. El tiempo de acción del tinte para el acero es de 05 minutos como mínimo se puede ver en la tabla 6, en la cual varía según el tipo de material base soldado.

Tabla 6. Tiempos de penetración mínimos recomendados por ASTM E165-02

Material	Forma	Tipo de Discontinuidad	Tiempo de Penetración (minutos)	
			Penetrante	Revelador
Aluminio, Magnesio, Acero, Latón y Bronce, Ti y Aleac Alta Temp.	Fundición y soldaduras	Gotas frías, porosidad, falta de fusión, fisuras (todas las formas)	5	10
	Materiales forjados-extrusión	Traslape, fisuras (todas las formas)	10	10
Herramientas Carburos	Forja, planchas	Falta de fusión, porosidad, fisuras	5	10
	Plásticos	Fisuras	5	10
Vidrio	Todas las formas	Fisuras	5	10
Cerámicos	Todas las formas	Fisuras, porosidad	5	10

Nota: Se muestra el tiempo mínimo de penetración del tinte penetrante sobre la superficie de soldadura en minutos dependiendo del material base de soldadura. Tomado de «Norma ASTM E165-02», (10).

3.1.3 Montaje y Alineamiento del Piñón - Corona en Drive de Espesador THK-54.

Se detalla los conceptos aplicados en el desarrollo de las tareas electromecánicas para el montaje de los equipos del denominado DRIVE.

3.1.3.1 Plan de Izaje (Rigging Plan en inglés)

El montaje electromecánico inicia con izaje de los componentes desde fuera del Espesador hasta el centro "Drive". Este proceso de izaje fue planificado mediante un rigging plan para los izajes críticos.

Para área de la seguridad de SPCC los izajes críticos son todos aquellos según norma OSHA:

- Izajes donde se supera el 75% de la capacidad de izaje de la grúa telescópica.
- Izajes donde se utiliza dos o más grúas.
- Izaje de personal en canastillo.

A pesar que no se cumple en ningún caso con la condición de izaje crítico, SPCC en su calidad de cliente exigió se realice para asegurar que ningún momento de maniobra se exceda del 75% de la capacidad de carga de la grúa telescópica GMK 6300. Se proporcional los Rigging plan del proyecto en el Anexo N°06.

El plan de izaje critico es un plano que detalla la posición inicial y final del montaje en la figura 13 se puede ver el izaje del Housing y en la figura 14 el izaje dek Drive,

además todos los componentes de la maniobra, su capacidad de uso y porcentaje de carga del equipo se ven en la tabla del plano de izaje “Rigging Plan”, ver Anexo 6.

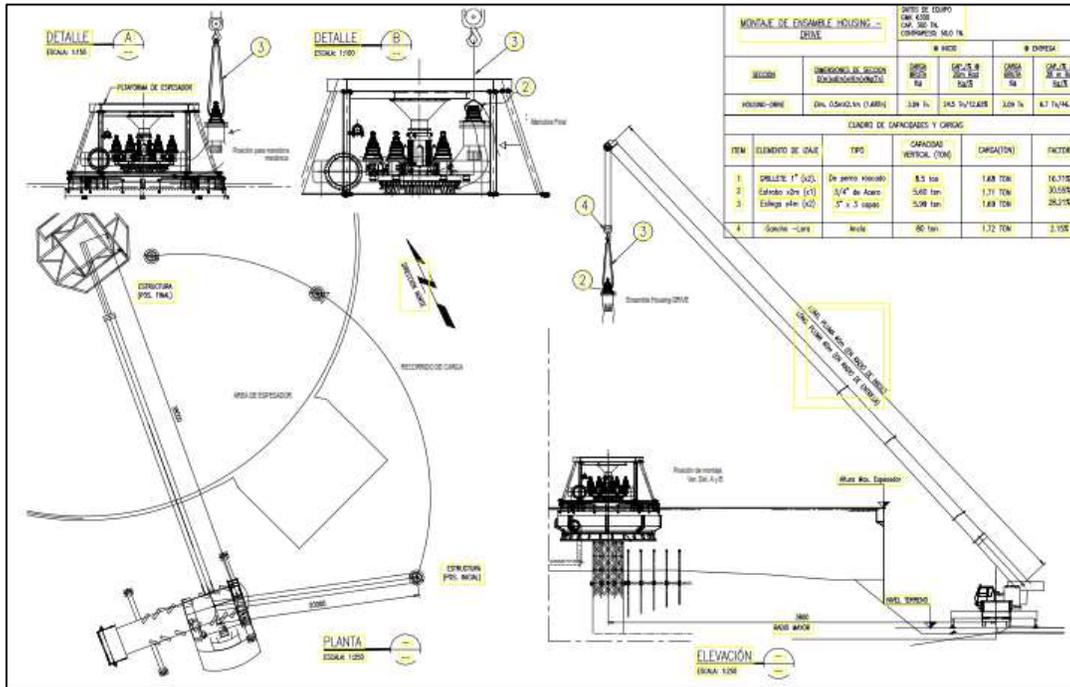


Figura 13. Imagen extraída de plan de izaje de Housing (Anexo 6). Elaboración propia.

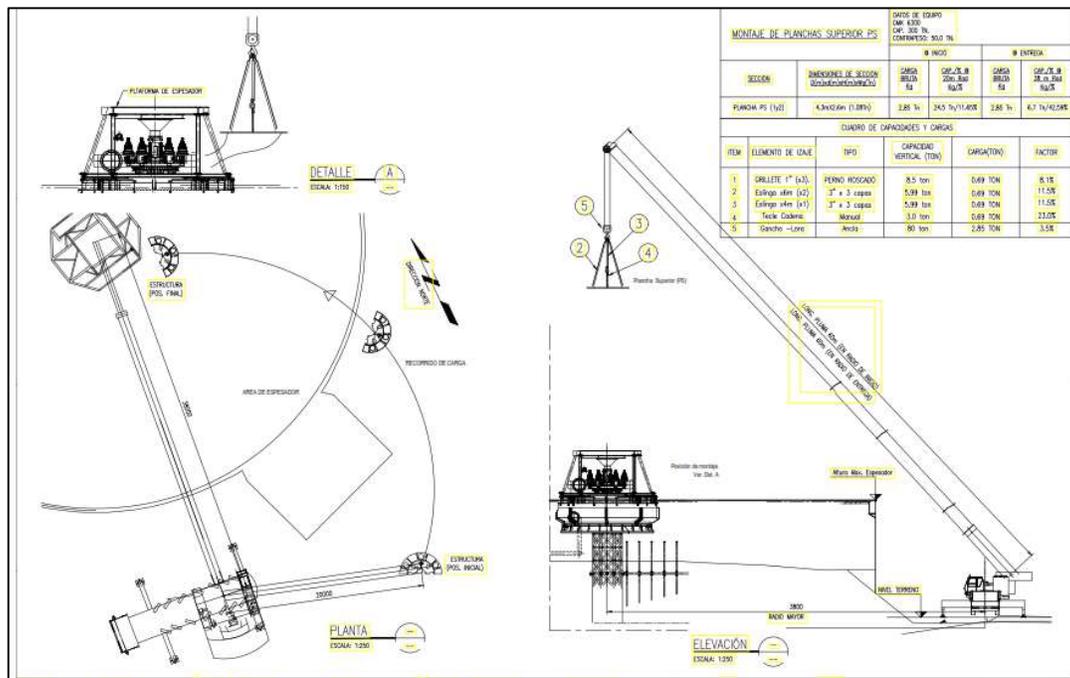


Figura 14. Imagen extraída de plan de izaje de Plancha superior (Anexo 6). Elaboración propia

3.1.3.2 Backlash: Regulación de juego entre dientes de engranaje

Después del montaje de los nuevos reductores y piñones se debe hacer un proceso de calibración del juego “luz” entre los dientes de los engranes del piñón del reductor y los dientes de la corona del Drive, este procedimiento se denomina Backlash y se puede ver en la figura 15 la ejecución.



Figura 15. Proceso de regulación de juego entre piñón y corona en Drive. Elaboración propia

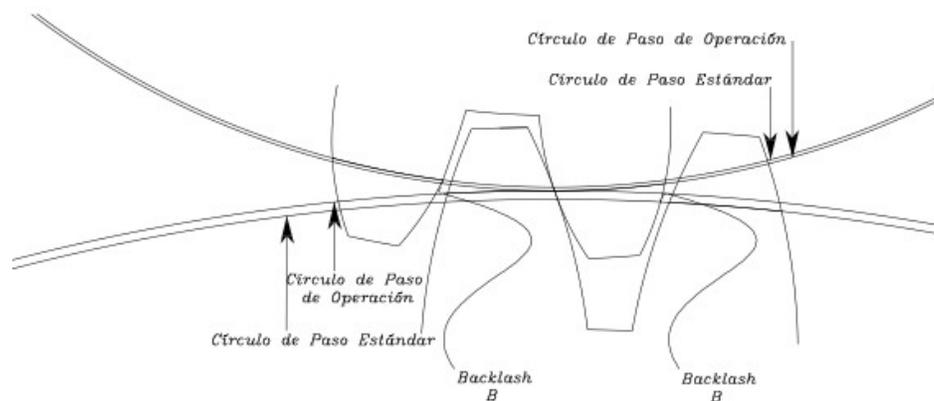


Figura 16. Apariencia de juego entre dientes de engranaje. Tomado de «Backlash: Juego entre dientes de engranaje» (11 p. 3)

El backlash es el juego lateral entre las caras de los dientes del Engranaje se puede ver en la figura 16. El backlash en transmisiones de potencia donde generan temperaturas de operación que producen dilatación en los dientes es muy necesario para evitar la trabe del

mecanismo por dilatación. Las regulaciones son en base al manual de engranajes AGMA 30.03 (11)

CAPITULO IV. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES.

4.1 Descripción de las actividades profesionales.

4.1.1 Enfoque de las actividades Profesionales.

El enfoque de las actividades profesionales está orientada a desarrollar todos los procesos constructivos de reparación y reforzamiento necesarios para poner en operación el Espesador de Relaves de 54 metros de diámetro en minera Cuajone-SPCC. Para lograr ejecutar estas actividades el Ingeniero de Planeamiento y Control del proyecto realiza actividades específicas de:

- Realizar y controlar el cronograma del proyecto para cumplir con el plazo solicitado por SPCC.
- Se hizo un estudio de la información del proyecto facilitado por TENOVA para planear la ejecución del proyecto.
- Supervisar el proceso constructivo contractual de reparación y reforzamiento del Espesador N°05 (THK-54) de TENOVA.
- Cuantificar el avance y generar reportes al cliente de manera diaria, semanal y mensual.
- Analizar los indicadores de tiempo y costo durante el proceso constructivo y citar a reuniones de equipo para toma de acciones de recuperación que se pueden ver en la tabla 7. En esta tabla el rendimiento SPI = Índice de desempeño de cronograma y CPI = Índice de desempeño de Costo, estarán en base a las “hh” = horas hombre. Además, se puede ver el valor planeado = PV y el valor ganado = EV.

Tabla 7. Índices de desempeño del proyecto semanal

Datos del proyecto		PLAN AL 13-01-2019		Índices de desempeño	
Cronograma Rev.0 (Aprobado)					
HH PLAN	HH REAL	% PV	79.96%	SPI	0.94
14569.09	14404	% EV	75.38%	CPI	0.76
Datos del proyecto		PLAN AL 13-01-2019		Índices de desempeño	
Cronograma Rev.1 (Por aprobar)					
HH PLAN	HH REAL	% PV	79.96%	SPI	0.94
18561.02	14404	% EV	75.38%	CPI	0.97

Nota: Indicadores de desempeño de cronograma = SPI y de desempeño de Costo = CPI, porcentaje de avance planeado = %PV, porcentaje de valor ganado = %EV.

4.1.2 Alcance de las actividades profesionales.

El proyecto “Servicio de reparación de Espesador de 54 metros de diámetro en mina Cuajone” permitirá en poner en funcionamiento el nuevo Espesador THK-54. Este espesador fue construido en el proyecto “Reemplazo de Espesadores de Relaves 1, 2 y 3 de Cuajone (primera etapa)” pero no entro en funcionamiento debido a unas fallas de diseño detectadas en las pruebas con carga.

El proyecto realizado por IMCO servicio ejecuto las actividades de rediseño del Espesador THK-054 que consiste en la reparación de estructuras, reforzamiento de estructuras, desmontaje de equipos y montaje de nuevos equipos de mayor capacidad, además de las pruebas en vacío y con carga para dejar operativo el espesador THK-54, terminando así este servicio que también da por finalizado el proyecto principal de SPCC, cambio de Espesadores de Relaves 1, 2 y 3.

Las actividades profesionales se desarrollan en el área de la Supervisión de planeamiento y control del proyecto. Siendo este proyecto de disciplina mecánica, las actividades realizadas se enfocan en el desarrollo correcto del cronograma, cumplir con el alcance que se precisa en el presupuesto y control de las actividades mediante reportes de avance y planeamiento de actividades con planes semanales.

4.1.3 Entregables de las actividades profesionales.

Como parte de la experiencia profesional del bachiller en el proyecto se encarga de revisar constantemente el avance del proyecto, el estado, restricciones y cambios de alcance para entregar a SPCC los siguientes documentos:

- Revisión de Packing List de los equipos que fueron suministrados por TENOVA para ejecutar el proyecto. Se verifico del packing list la cantidad en obra y el estado de los elementos, se pueden ver algunos packing list revisados en el Anexo N° 01.
- Se dio soporte al residente de obra en la realización del PETS para el proyecto. Vale señalar que estos procedimientos también fueron revisados por los ingenieros de seguridad y calidad de IMCO. En la tabla 8 se detallada la lista de procedimientos realizados para el proyecto.
- Actualización del Cronograma de proyecto. El proyecto inicialmente tenía un plazo de 71 días calendarios como se ve la figura 17, esto fue modificado debido a cambios de alcance, interferencias, mayor metrado y adicionales por lo que se hizo revisiones al cronograma y el cliente termino aceptando un plazo de 145 días calendarios, lo cual fue 122 días hábiles de trabajo, se puede ver en la figura 18. Ambos Cronogramas se adjuntan en el Anexo N°02.
- Reportes diarios: Para mantener un control diario de avance y estado del proyecto se realizado los daily report donde se informó al cliente sobre las actividades ejecutadas, las hh invertidas, los hm invertidos, el personal indirecto involucrado, los recursos y el acumulado. Se adjunta un modelo de reporte diario realizado en el Anexo N°03.

Tabla 8. Procedimientos Escritos de trabajo seguro del proyecto Reparación de Espesador

THK-054

PROCEDIMIENTOS ESCRITOS DE TRABAJOS SEGUROS (PETS)					
Item	Descripción	Rev.	Fecha	Elaborado Por	Especialidad
01.	MOVILIZACIÓN Y DESMOVILIZACIÓN DE CONTENEDORES, EQUIPO, MATERIALES Y HERRAMIENTAS	0	06/11/2018	Nerio Janampa (PLANNER)	GENERAL
02.	INSTALACIÓN DE FACILIDADES TEMPORALES	0	06/11/2018	Nerio Janampa (PLANNER)	GENERAL
03.	REFORZAMIENTO, CAMBIO DE BLADES Y EXTENSIÓN DE RASTRA.	1	16/11/2018	Nerio Janampa (PLANNER)	GENERAL
04.	ARMADO Y DESARMADO DE ANDAMIOS.	0	22/11/2018	Nerio Janampa (PLANNER)	MECÁNICA
05.	REFORZAMIENTO DE TUBO CENTRAL	0	11/12/2018	Nerio Janampa (PLANNER)	MECÁNICA
06.	REFORZAMIENTO Y MEJORA DE COMPONENTES DEL DRIVE	0	17/12/2018	Nerio Janampa (PLANNER)	ELÉCTRICA
07.	PRE COMISIONAMIENTO DE SISTEMAS ELÉCTRICOS E INSTRUMENTACIÓN	0	17/12/2018	Nerio Janampa (PLANNER)	MECÁNICA
08.	PRE COMISIONAMIENTO DE SISTEMA MECÁNICO	0	22/12/2018	Nerio Janampa (PLANNER)	MECÁNICA
09.	TOUCH UP DE ESTRUCTURAS	0	22/12/2018	Nerio Janampa (PLANNER)	ELÉCTRICO
10.	MEJORAMIENTO DE LAS INSTALACIONES ELÉCTRICAS E INSTRUMENTACIÓN	0	18/01/2019	Nerio Janampa (PLANNER)	MECÁNICA
11.	MEJORAMIENTO DE INSTALACIONES MECÁNICAS	0	19/02/2019	Nerio Janampa (PLANNER)	MECÁNICA
12.	PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO Y COMISIONAMIENTO	0	14/02/2019	Nerio Janampa (PLANNER)	MECÁNICA
13.	PETS HABILITACIÓN, MONTAJE DE TUBERÍAS CONDUIT Y SOLDEO DE CABLES A TIERRA	0	25/02/2019	Nerio Janampa (PLANNER)	ELECTRICO

Nota: Se detalla la lista de los procedimientos escritos de trabajo seguro = PETS presentados y aprobados por SPCC durante el desarrollo del proyecto.

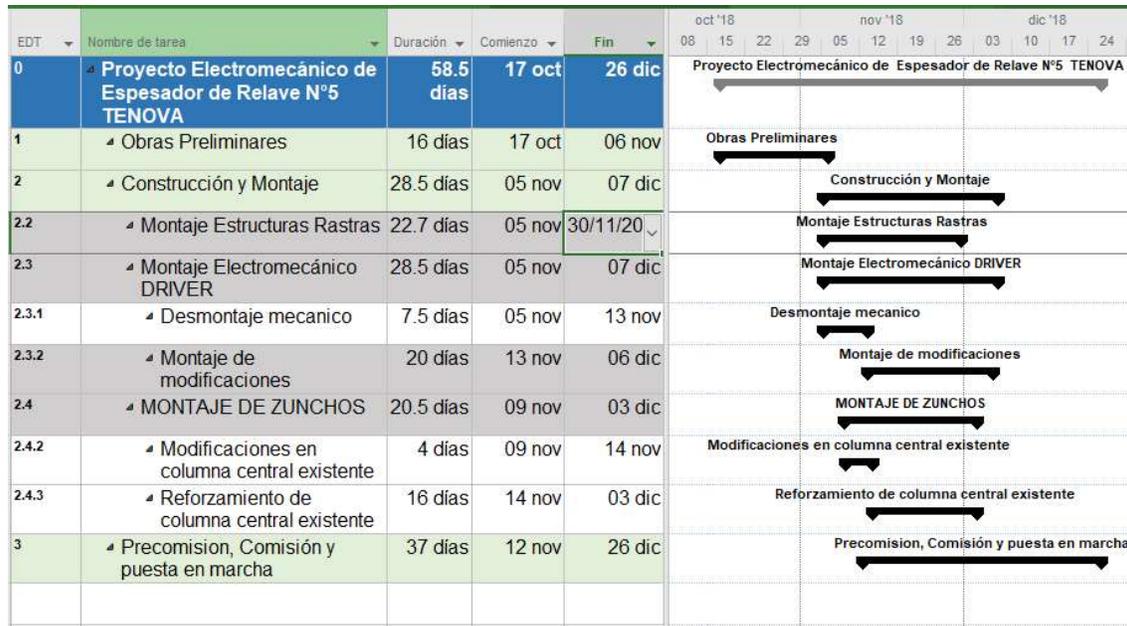


Figura 17. Resumen de Cronograma inicial de proyecto de 71 días calendario. Elaboración propia.

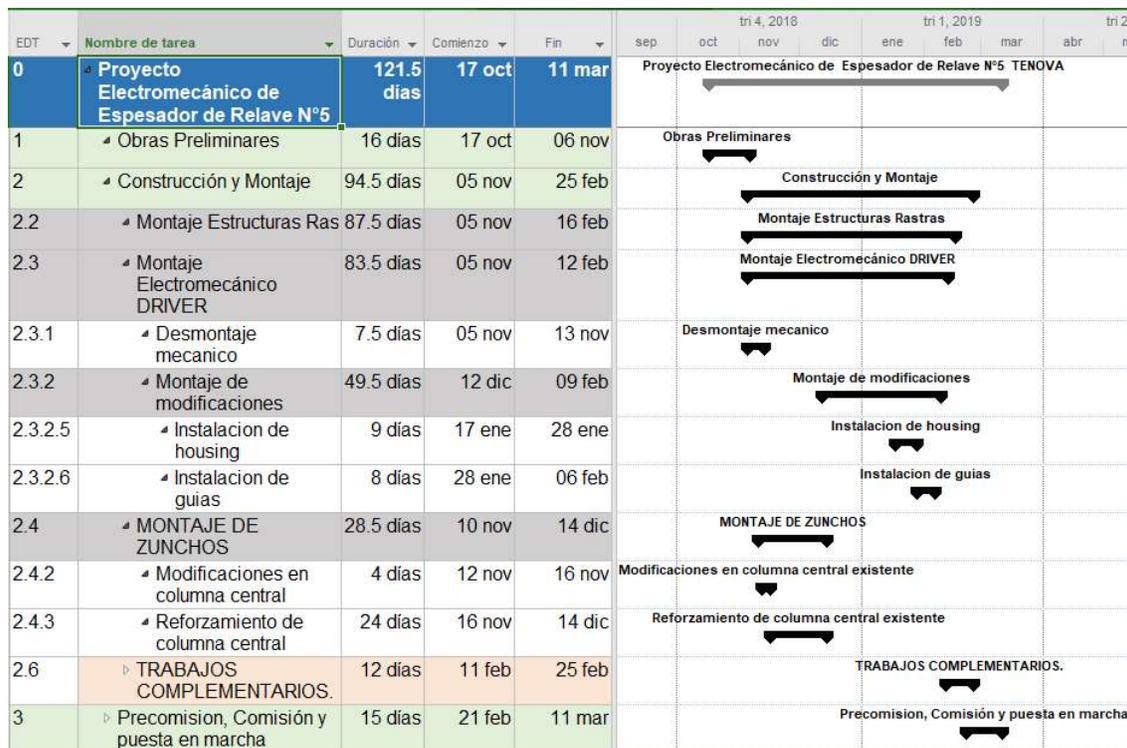


Figura 18. Resumen de Cronograma final y aprobado para 145 días calendario. Elaboración propia.

- Se realizó el seguimiento del avance físico del proyecto mediante supervisiones a obra para obtener la información sincerada, la información de avance se resume

en la denominada Curva S del proyecto. En esta curva se muestra el desarrollo histórico del proyecto. Se adjunta la Curva S propuesta en el Anexo N° 04. El resumen de la Curva S se puede ver en la Figura 19 donde la línea azul presenta la curva de planeada y la línea roja representa la curva de avance real o valor ganado.

- Como entregables se realizó los reportes semanales, los planes a 03 semanas o three week e histogramas. Se adjunta el formato de estos documentos en el Anexo N°05.
- Se dio apoyo técnico entregando planos y resolviendo las consultas de los mismos con el personal de construcción, se realizó los planes de Izaje que se pueden ver en el Anexo N°06 , se realizó la supervisión de actividades y se hizo los RFIs para solicitar información al cliente, el resumen de los RFIs generados en el proyecto se puede ver en la Tabla 9.

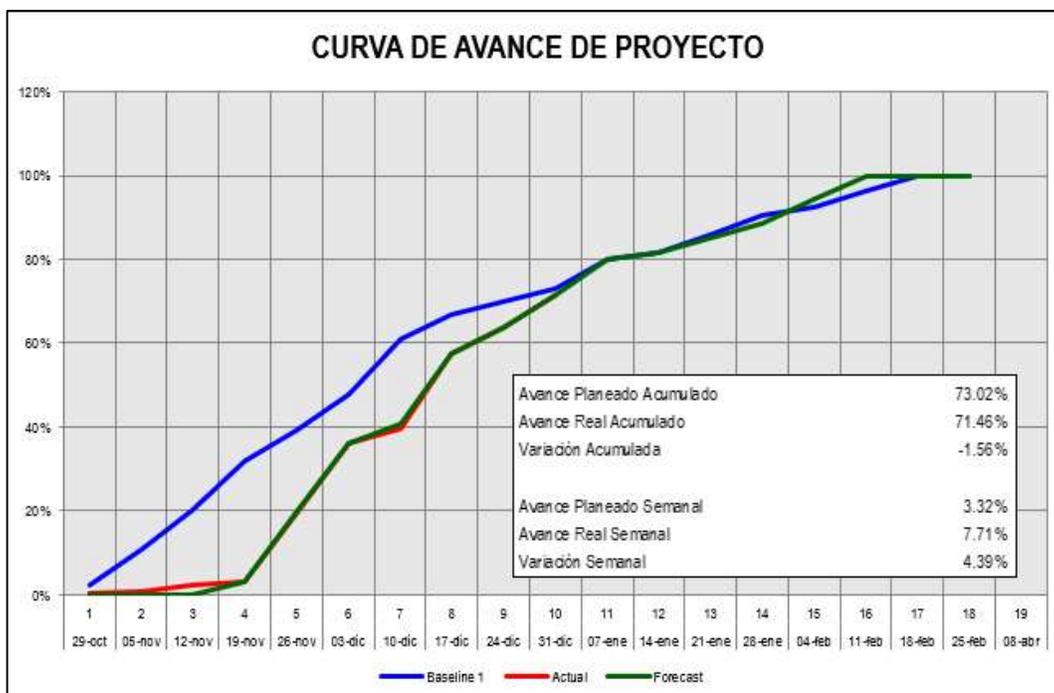


Figura 19. Resumen de curva S del proyecto en la semana 10, Fecha 31 de diciembre.
Elaboración propia.

Tabla 9.Registro de RFI del proyecto Reparación Espesador THK-54

CÓDIGO RFI	INFORMACIÓN REQUERIDA	FECHA DE ENVÍO	FECHA RESPUESTA	RESPUESTA	RESOLUTIVA
C34-IMC-SPC-RFI-001	Plano de fabricación de rastras, reforzamiento de Drives y Zunchos	22-11	25-11	RESPUESTA	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-002	Plano P&ID del Espesador N° 05	23-11	23-11	RESPUESTA	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-003	Especificaciones técnicas y tolerancias de SPCC/TENOVA	22-11	11-12	RESPUESTA	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-004	Solicitud de puntos de referencia (VM) y protocolos topograficos finales	28-11		Pendiente	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-005	Solicitud y/o conformidad de material de DRIVE y ZUNCHO	3-12		Pendiente	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-006	Solicitud Plano de Fabricación o plano de Emsamble con part List Completo	5-12	22-1	RESPUESTA	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-007	Solicitud de Memoria de Calculo de soporte y orejas de Izaje TENOVA	5-12	24-1	RESPUESTA	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-008	Solicitud de Data Sheet y Diagrama de Lazo	7-12	10-12	RESPUESTA	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-009	Solicitud de para area de control de proyectos	8-12		Pendiente	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-010	Solicitud de Especificaciones y sistema de pintura	13-12	22-1	RESPUESTA	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-011	Solicitud de Lista y procura de pernos para DRIVE y ZUNCHO	13-12	22-1	RESPUESTA	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-012	Solicitud proceso de soldeo entre Housing y plancha superior	11-1		Pendiente	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-013	Solicitud de Tolerancia de desfase entre piñon y corona	12-1		Pendiente	Cerrado
C34-IMC-SPC-RFI-014	Solicitud de proceso de soldeo entre PL, Housing y AR1	13-1		Pendiente	Cerrado

Nota: Registro de RFI = Requerimiento de Información por sus siglas en ingles actualizado a la semana 21 del proyecto.

4.2 Aspectos técnicos de la actividad profesional.

4.2.1 Metodología

METODO EXPERIMENTAL

El método experimental como el tipo de investigación donde el investigador manipula una o más variables del estudio para aumentar o disminuir su efecto. Esto se realiza bajo condiciones controladas para una situación o acontecimiento particular (15).

Podemos entonces mencionar algunas características de este método que se aplican a nuestro proyecto; la manipulación directa de una variable y su efecto en las variables de tipo

dependiente como es el caso del procedimiento de soldadura seleccionado, lo cual impactara directamente en el tiempo que demanda hacer este proceso en reforzamiento del Espesador. La variable directa sería el proceso de soldadura y la variable dependiente sería el tiempo por citar un ejemplo que caracteriza este tipo de método de investigación.

Otra característica aplicable es que la variable dependiente debe ser medible, siguiendo el mismo ejemplo el tiempo de soldadura se puede medir en horas que será el resultado de la ratio de soldadura por la longitud de la misma.

Entonces este método se aplica a la reparación de Espesador THK-54 de Cuajone donde se tiene variables del proceso de trabajo independientes que se pueden manipular y modifican en su defecto las variables dependientes. Estas variables se entenderán en la descripción del proyecto, así como sus efectos que son el resultado a una actividad experimental que es una característica más de este tipo de método de investigación.

4.2.2 Técnicas

La característica del proyecto exige el uso de técnicas para cumplir con el corto plazo que tiene este servicio:

- **Técnicas de Planificación:** La técnica de establecer uno o varios objetivos y que puedan ser medibles en el tiempo. Definido esto primero de debe planear las acciones a ejecutar para cumplir con las necesidades del cliente además de mantener el proyecto dentro del costo presupuestado.
- **Técnicas de Observación:** Es la técnica donde se realiza la acción de supervisar el desarrollo de las actividades para verificar que estén dentro de lo esperado, en este caso que cumplan las especificaciones técnicas indicadas en planos.
- **Técnicas de Coordinación:** Son las técnicas donde el grupo responsable de la gestión del proyecto se reúne para tomar decisiones en base a los efectos o resultados que se van generando.

- Técnicas de Contrastación: Es la técnica donde se toman datos del desarrollo del proyecto para ser verificados con el cliente. Es un área de interés común que lidera generalmente el área de control de calidad.
- Técnicas de Comprobación: Es la técnica donde se puede revisar y corroborar las evidencias de que algo está concluido.

4.2.3 Instrumentos

En el proyecto se utilizaron los siguientes instrumentos para el desarrollo de las técnicas mencionadas:

- Instrumentos de Planificación: Se requiere es el control del tiempo y del costo del proyecto para lograrlo se levanta un cronograma de línea base y se actualiza o controla periódicamente. Del mismo modo se tiene un Cronograma de valorización del proyecto y se presentan valorizaciones mensuales. Se puede ver el Cronograma de la Valorización en el Anexo N°07.
- Instrumentos de Observación: Las actividades de construcción se ejecutan en base a un plan diario que es el resultado de reuniones de coordinación un día anterior. Se presenta los reportes diarios al cliente donde se detalla las actividades ejecutadas y los recursos gastados. Se puede ver el modelo del reporte diario utilizado en el proyecto en el Anexo N° 03. Un resumen de este reporte se puede ver en la Figura 20.
- Como instrumentos de observación se puede también mencionar las Charlas diarias de 05 minutos, permisos de trabajo (ATS análisis de trabajo seguro, PETAR permiso escrito de trabajo de alto riesgo, IPERC Identificación de Peligros evaluación de riesgos y Control), difusión de los procedimientos escritos de trabajo seguro (PETS), inducción de seguridad y salud ocupacional del personal nuevo.

 REPORTE DIARIO DEL CONTRATISTA 			
Nombre del Proyecto:	REPARACIÓN, REFORZAMIENTO, MEJORAS Y PUESTA EN MARCHA DEL ESPESADOR DE RELAVES N°5 SUMINISTRADO POR TENOVA - CUAJONE		
N° de contrato:	L8-C34-001	Contratista:	IMCO SERVICIOS S.A.C
N° de proyecto:	223165	Numero de Presupuesto:	075-050-18
Fecha:	28-11-18	Horario de trabajo:	Labor Directa Turno: 7:00 - 18:00; Día Hrs: 10
Dueño de Contrato:	Ing. Julio Corrales	Numero de Registro:	C34-IMC-SPC-DR-022
Personal de Operaciones			
Fuerza de trabajo	Lugar de Trabajo	No. Pers	Hrs
Labor Directa			
RIGGER	Concentradora	1.00	10.00
CAPATAZ	Concentradora	2.00	20.00
MONTAJISTA	Concentradora	9.00	90.00
MECANICO	Concentradora	7.00	70.00
VIGIA	Concentradora	1.00	10.00
SOLDADOR	Concentradora	9.00	81.00
OPERARIO	Concentradora	4.00	40.00
Total Directo		38.00	372.00

Figura 20. Resumen de Reporte diario generado el día 22 del proyecto. Elaboración propia.

- Instrumentos de Contrastación: Se realizaron los Procedimientos de trabajo, manuales de construcción, aplicación de normas internacionales y nacionales, protocolo de control de calidad en la construcción, protocolos de pruebas, especificaciones técnicas, generación de RFI (requerimiento de información) y RNC (Reporte de no conformidades).
- Instrumentos administrativos: Programación de personal "Schedule", formato de control de salida e ingreso de herramientas y equipos del almacén, tareo de personal, papeletas de salida de personal.
- Instrumentos de comprobación: Corresponden las pruebas para verificar que la soldadura sea correcta, en la figura 21 se puede ver el proceso de líquidos penetrantes para la soldadura. Además, se realiza la caminata para entrega de construcción denominada "Caminata de Punch List" en el Anexo N°08 se ve el Punch List generado en el proyecto.



Figura 21. Inspección de soldadura de Guías Móviles mediante Tintes penetrantes. Elaboración propia.



Figura 22. Control de temperatura de precalentamiento para el soldeo de estructuras de reforzamiento. Elaboración propia.

4.2.4 Equipos y Materiales utilizados en el desarrollo de las actividades

A continuación, se detallan los equipos y materiales utilizados para el trabajo del servicio de reparación del Espesador THK-54:

EQUIPOS DE MONTAJE

Considerando que el peso de los DRIVE armados fue de 5967 Kg y el izaje tuvo un radio de 27 metros como mínimo se utilizaron los siguientes equipos:

- 01 grúa telescópica de 300 ton de capacidad (Figura 23).
- 01 camión grúa de 20 ton de capacidad.
- 02 camiones plataforma.



Figura 23. Grúa telescópica de 300 ton GMK6300. Elaboración propia.

EQUIPOS ELÉCTRICOS y DE COMBUSTIÓN INTERNA.

Para la ejecución del servicio se planeó el uso de los siguientes equipos eléctricos y de combustión interna.

- Máquina de soldar trifásica de 440 V y 380 V.

- Equipo de oxicorte de Acetileno y Oxígeno.
- Luminaria Movil de combustión
- Esmeriles de 7"
- Esmeriles 4 1/2" (Baby)
- Taladro magnético
- Taladro de mano.
- Multi tester.
- Grupo Electronegro.
- Pinza amperimetrica
- Generador de señales 4-20 Ma. FLUKE

4.3 Ejecución de las actividades profesionales.

4.3.1 Fases del Proyecto.

Según el cronograma aprobado por SPCC a 121 días hábiles el proyecto tiene las siguientes fases:

Fase 1: Obras Preliminares.

Fase 1.1: Preparación de procedimientos.

Fase 1.2: Habilitado de personal.

Fase 1.3: Movilización e instalación de facilidades en obra.

Fase 2: Inicio de Trabajos.

Fase 2.1: Recepción de área de trabajo.

Fase 2.2: Impresión de planos de construcción aprobados.

Fase 2.3: Difusión de procedimientos de trabajo.

Fase 2.4: Recepción de fabricaciones y equipos del cliente.

Fase 3: Montaje de Estructuras de Rastras.

Fase 3.1: Reparación de Blades existentes

Fase 3.2: Extensión de rastras.

Fase 3.3: Reforzamiento de Scrapers.

Fase 4: Montaje Electromecánico DRIVER.

Fase 4.1: Desmontaje mecánico.

Fase 4.2: Levante de DRIVE.

Fase 4.3: Montaje de elementos de refuerzo.

Fase 4.4: Instalación de Housing.

Fase 4.5: Instalación de guías.

Fase 5: Montaje de Zunchos

Fase 5.1: Modificaciones en columna central existente.

Fase 5.2: Reforzamiento de la columna central existente.

Fase 6: Precomisionado, comisionado y puesta en marcha.

4.3.2 Desarrollo del Cronograma para las actividades realizadas.

En base al cronograma actualizado se desarrolla semanalmente el plan de 3 semanas o lookahead (Ver Anexo N°05), en este se programa las actividades a realizar, su % de cumplimiento, fuerza laboral y su restricción.

Se realiza también histogramas de mano de obra directa y equipos para la comparativas de uso de recursos entre lo planeado vs el performance.

En la Figura 24 se puede ver parte del diagrama Gantt del Cronograma de línea base 1 o lo que es igual a Cronograma final de obra. Se presenta completo en el Anexo N°02.

4.3.3 Ruta Crítica del Proyecto

Se establece la ruta crítica del proyecto que también se conoce como la lógica dura del proyecto, esto porque las actividades que la forman no tienen holgura, lo que significa que el impacto negativo o positivo en el tiempo impactara en el plazo del todo el proyecto.

Para comenzar el proyecto se presenta al cliente la ruta crítica del proyecto, que se puede ver en la el Anexo N°10. Se muestran actividades de la ruta crítica en la Figura 20, estas actividades son las más importantes del proyecto:

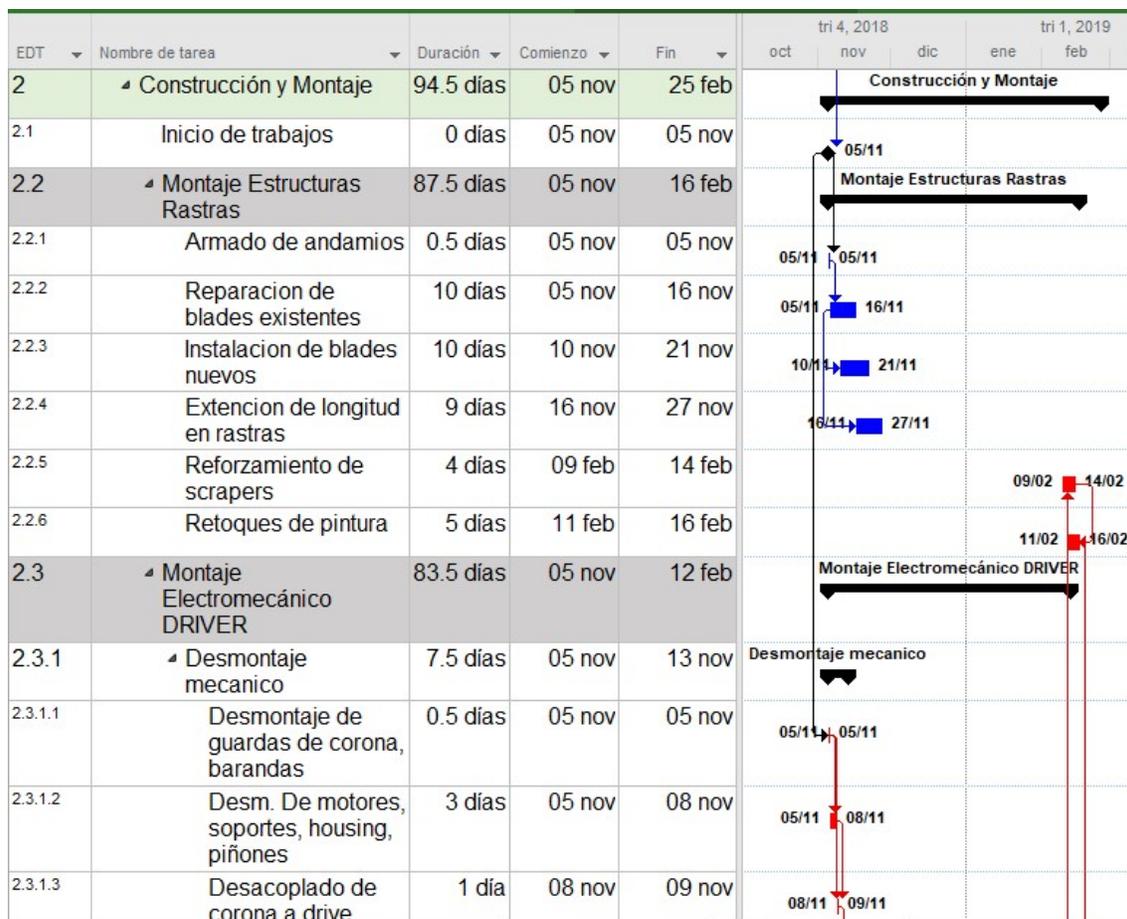


Figura 24. Parte de Diagrama Gantt del Cronograma del Proyecto final. Elaboración propia.

4.3.1 La Curva S de seguimiento.

La Curva S es la representación gráfica de las unidades acumuladas establecidas para el control del proyecto, estas unidades pueden ser el costo, las horas hombre (hh), el porcentaje de avance físico, otros. Su nombre viene de su forma, S, debido a que por lo general todos los proyectos inician con un avance lento para después presentan un avance rápido y terminar con un cierre también lento (12).

Se realizó el seguimiento del avance físico mediante en una base datos formulada que genero la curva de avance de valor ganado del proyecto respecto a la curva de avance planeado. Esta Curva de seguimiento se puede ver en el Anexo N°04

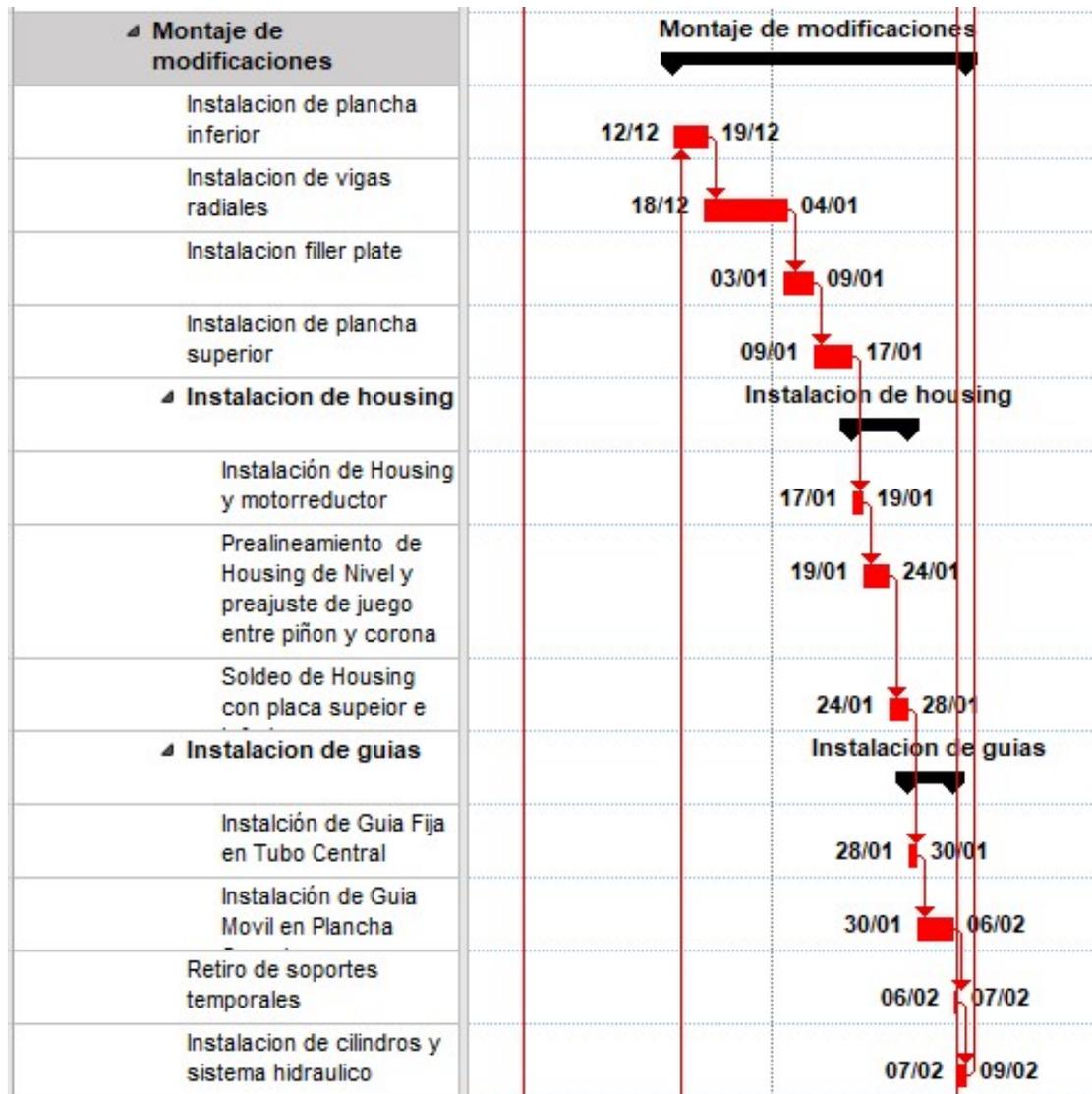


Figura 25. Fragmento de ruta crítica del Cronograma, Las actividades mostradas son las más importantes y complejas de realizar del proyecto. Elaboración propia.

4.3.2 Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

La secuencia de actividades que se realizaron para la reparación y reforzamiento del Espesador de Relaves N°05 THK-54 se ve en la siguiente tabla 10 y se detalla en el punto 4.4.

Tabla 10. Proceso y secuencia operativa de las actividades profesionales

PROCESO Y SECUENCIA OPERATIVA DE LAS ACTIVIDADES PROFESIONALES							
ITEM	ACTIVIDADES	RESIDENTE	SUP. CALIDAD	SUP. MECÁNICO	PLANNER	SEGURIDAD	ALMACEN
1	Movilización a Obra de oficinas, equipos y herramientas	■			■		■
2	Recepción y verificación de equipos y fabricaciones		■		■		■
3	Armado de Andamios			■	■		
4	Planeamiento de trabajos en Estructuras de Rastras	■			■		
5	Reforzamiento de rastras.		■	■		■	
6	Montaje de nuevos blades y Scrapers		■	■		■	
7	Planeamiento de trabajos de Montaje Eléctromecánico de DRIVE	■		■	■		
8	Desmontaje Mecánico DRIVE existente		■	■		■	
9	Montaje Mecánico de modificaciones DRIVE		■	■		■	
10	Montaje Mecánico de nuevos equipos		■	■		■	
11	Planeamiento de trabajos de reforzamiento de columna central	■		■	■		
12	Modificación de columna existente		■	■		■	
13	Reforzamiento de columna existente		■	■		■	
14	Planeamiento de Comisionamiento y Puesta en Marcha		■	■		■	
15	Pruebas de Comisionamiento y Puesta en Marcha		■	■		■	
16	Desmovilización de Obra de oficinas, equipos y herramientas	■			■		■

Nota: Secuencia operativa de la reparación del Espesador THK-54 de Cuajone. Se detalla las áreas involucradas en cada etapa.

4.4 Reparación del Espesador de Relaves THK-54

Ahora se describe el proceso de ejecución de la reparación y reforzamiento del Espesador de relaves THK-54 de Cuajone. Para esto en la figura 26 se indican los principales componentes del Espesador, esto nos será de apoyo para comprender lo que se describirá.



Figura 26. Elementos principales de Espesador de Relaves THK-54. Elaboración propia.

4.4.1 Recepción de Equipos y fabricaciones de TENOVA.

Como se mencionó en el punto 4.1.3 se revisó el packing list de los equipos y fabricaciones suministrados por TENOVA y se reportó al cliente SPCC las observaciones. Se contrastó con planos las dimensiones, pintura y geometría. Se liberó la recepción junto con el área de calidad. En la figura 27 se ve una imagen de verificación y en la figura 28 una imagen de reporte de la verificación para SPCC.



Figura 27. Verificación de Nuevos Blades en obra. Elaboración propia



Servicio de reparación de espesador de
Ø54m de diámetro en mina Cujone



1. INTRODUCCIÓN

El presente informe se realiza como resultado de la inspección de la pernería existente en el DRIVE y ZUNCHO del proyecto denominado “Servicio de reparación de espesador de Ø54m de diámetro en mina Cujone”.

Finalizada la revisión de la información de packing list, las fabricaciones de TENOVA y el DRIVE existente. Se detalla a continuación lo siguiente.

2. DESCRIPCIÓN:

Posterior a la inspección y en base a lo que se tiene del packing List se requiere los siguientes pernos.

RESUMEN.

PERNOS ADICIONAL PARA DRIVE	
CANTIDAD (UND)	DESCRIPCIÓN
142	Pernos M24 x150mm UNC de cabeza hexagonal galvanizado grado 10.9 Con doble volandas plana y tuerca
62	Pernos M24 x90 mm Hilo corrido de cabeza hexagonal galvanizado grado 10.9 Con <u>volanda plana</u> .
20	Pernos M24 x70 mm Hilo corrido de cabeza hexagonal galvanizado grado 10.9, Con <u>volanda plana</u>
42	pernos M16 x60 mm Hilo corrido de cabeza Allen galvanizado grado 8.8

Figura 28. Informe de Pernos adicionales según packing List. Elaboración propia

4.4.2 Armado de Andamios.

Para realizar el ingreso dentro del Espesador THK-054 se requiere la modulaci3n de torres de andamios y acceso que garantice el flujo de personal de manera segura. Se sigui3 el siguiente procedimiento:

- Modulaci3n de Andamios para ingreso a Espesador THK-054: Se realiz3 el metrado en base a una modulaci3n que cumpla con las exigencias del 3rea de seguridad de SPCC. En la figura 29 se muestra la ubicaci3n de la torre de acceso en el Espesador de relaves.

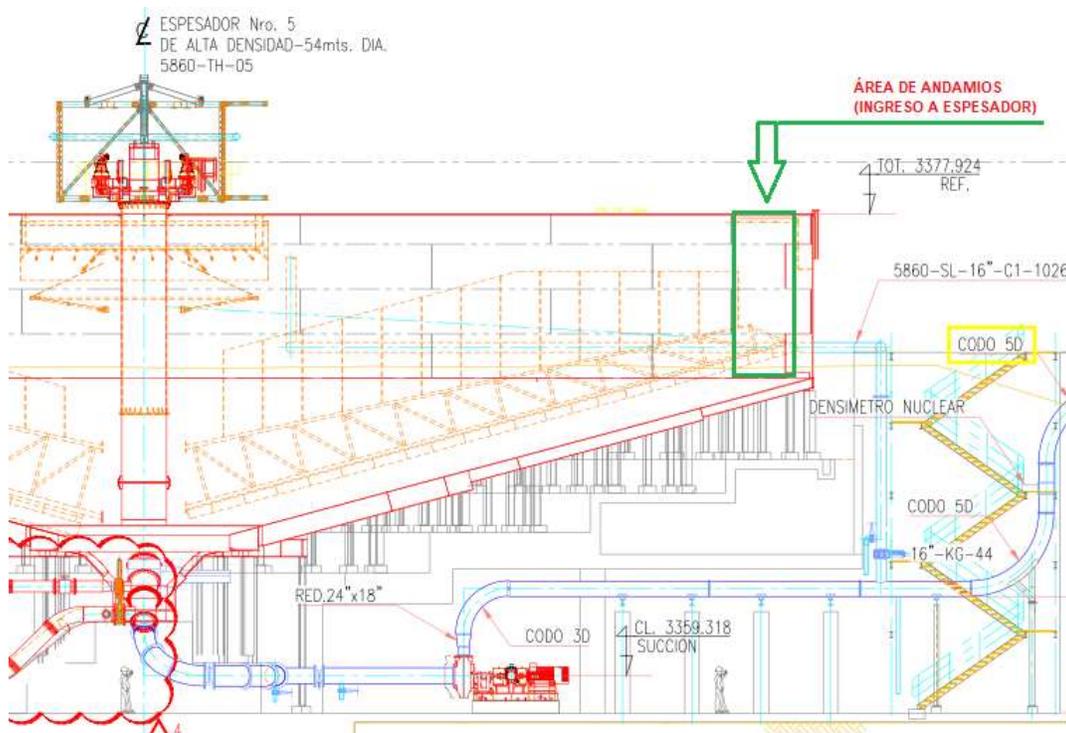


Figura 29. Ubicaci3n de torre de Andamios en el espesador TKH-54. Adaptado de «Planos de construcci3n de Espesador N°05» (13).

- Se realiz3 la supervisi3n del traslado de Andamios, la cantidad, el estado de los elementos y el transporte de Arequipa a la Minera Cuajone.
- Armado de Andamios en zona de Espesador: Para el armado de andamios fue necesario personal especializado y homologado, adem3s se utiliz3 equipo de protecci3n personal para trabajos en altura. Al final la torre fue armada como se ve en la figura 30

- El metrado de los elementos utilizados se puede ver en la tabla 11. Además, en la tabla se presenta el costo de los elementos y el total para el proyecto.



Figura 30. Acceso a Espesador con torre de Andamios armado. Elaboración propia.

Tabla 11. Metrado de Andamios requeridos para el proyecto

DESCRIPCION	TOTAL	COSTO S/.	
	ENVIO	UND.	TOTAL
HUSILLOS DE NIVEL	32	72.75	2,328.00
HUSILLOS DE NIVEL INCLINADAS	04	162.10	648.40
PIEZAS DE INICIO	32	51.75	1,656.00
PIE VERTICAL DE 1.00	20	110.34	2,206.80
PIE VERTICAL DE 2.00M	42	180.65	7,587.30
LARGUERO MULTI 1.00M	74	100.58	7,442.92
LARGUERO MULTI 2.00M	96	144.52	13,873.92
DIAGONAL DE 2.00M	18	186.02	3,348.36
PLATAFORMA DE ACERO FIJA DE 0.30X2.00M	40	294.90	11,796.00
PLAT. DE ALUM/MAD. C/TRAMPILLA 0.60X2.00M	05	1,080.99	5,404.95
ESCALERAS DE METAL	04	209.46	837.84
RODAPIE DE METAL 1.00M.	08	65.91	527.28
RODAPIE DE METAL 2.00M	14	75.68	1,059.52
GRAPA C/TORNILLO ADJUNTO	17	104.49	1,776.33
GRAPA ORTOGONAL D.22	36	39.55	1,423.80
GRAPA GIRATORIA	10	49.31	493.10
TUBOS DE 120	12	49.80	597.60
TUBOS DE 6.20	06	267.56	1,605.36
MENSULA 0.70	02	175.28	350.56
HORIZONTAL DE 0.70	04	84.47	337.88
PLAT. AC. DE 1.00X0.30	06	223.62	1,341.72
PLAT. AC. DE 0.70X0.30	06	222.64	1,335.84

Nota: Se describe los elementos y la cantidad que se utilizó en el proyecto, además del costo total

4.4.3 Montaje de Estructuras en Rastras.

En las estructuras de las rastras del Espesador, se hicieron trabajos de reparación de Blades, instalación de nuevos Blades, extensión de longitud de rastras, reforzamiento de Scrapers y repintado de zonas donde se intervino.

Para ejecutar estas actividades de la manera que nuestro cliente SPCC requiere, TENOVA nos facilitó los planos de construcción. Estos se estudiaron y ejecutaron. A continuación, se describe el procedimiento de las actividades:

- Análisis de información y procedimientos: Se elaboro el PETS "Reforzamiento, cambio de Blades y extensión de rastras", se analizó los planos y se dio al personal copias controladas.

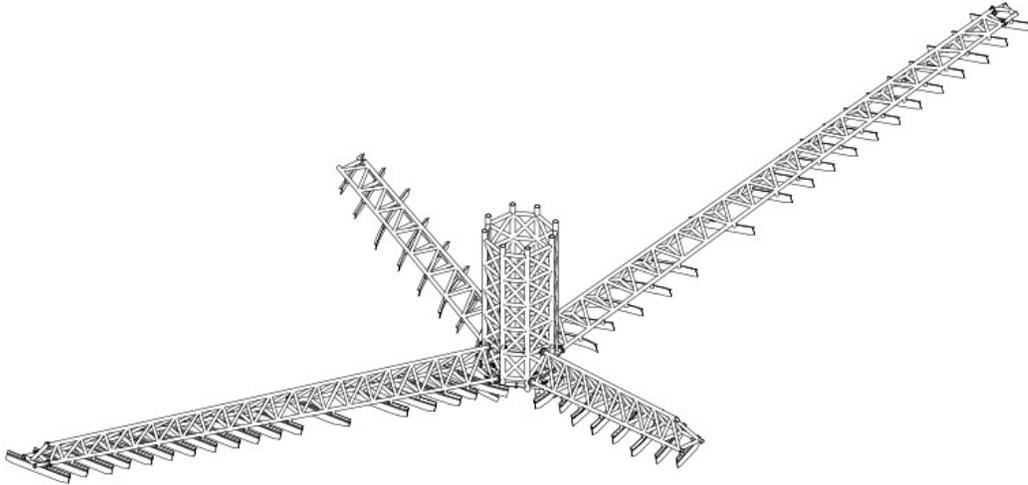


Figura 31. Isométrico de Rastras y Blades. Tomado de «Planos de montaje Modificación de Rastras», (13)

- El personal realizó la inspección de los Blades dentro del Espesador junto con la supervisión de TENOVA.
- Se procede con el reforzamiento de los Blades de rastras largas y cortas, el reforzamiento consiste en el soldeo de un ángulo al Blade mediante cateto de 8mm, como se muestra en el detalle de la imagen:

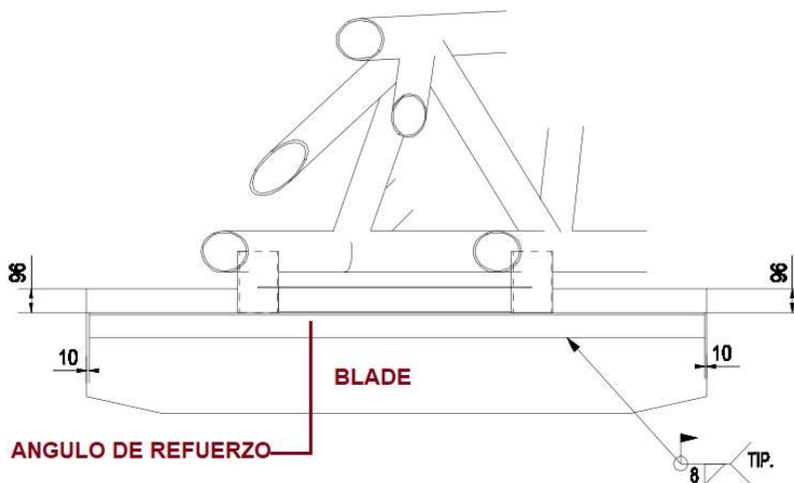


Figura 32. Detalle de reforzamiento de Blade existentes mediante soldadura de cateto 8mm en bisel, realizado en campo todo alrededor del elemento. Adaptado de «Planos de montaje Modificación de Rastras», (13)

- Se realiza el montaje de nuevos Blades a las rastras mediante soldadura a penetración completa realizado en campo según detalle de la siguiente imagen:

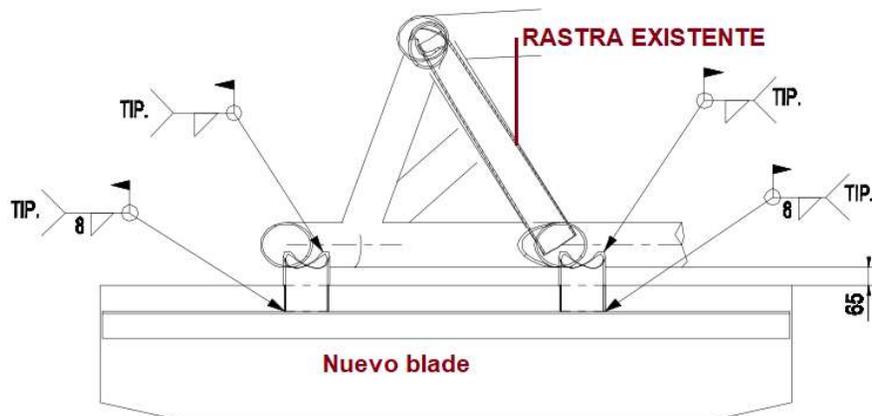


Figura 33. Montaje de nuevos Blades en estructura de rastras, mediante soldadura en campo todo alrededor de cateto 8 mm en bisel. Adaptado de «Planos de montaje Modificación de Rastras», (13).

A continuación, se muestra el desarrollo del proceso de reforzamiento y montaje de Blades.



Figura 34. Ejecución de proceso de soldeo de refuerzo de Blade con ángulo. Elaboración propia.



Figura 35. Ejecución de armado de nuevos Blades en rastras previo para soldeo. Elaboración propia.



Figura 36. Control de calidad de la soldadura de Nuevos Blades en Rastras. Elaboración propia.



Figura 37. Pintado de zonas de reforzamiento de Blades. Elaboración propia.

- Paralelo a los trabajos de reforzamiento y montaje de Blades se hizo los trabajos de extensión de las 02 rastras larga figura 40, 41 y 42:

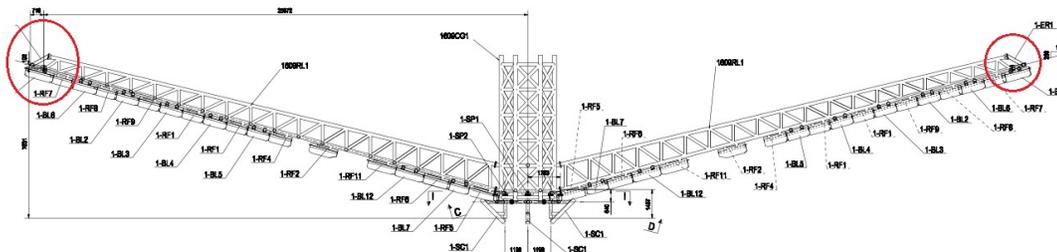


Figura 38. Vista de zona de extensión de rastras largas del Espesador THK-54. Adaptado de «Planos de montaje Modificación de Rastras», (13)

- Se realiza el montaje de nuevas estructuras de Scraper mediante soldadura a penetración completa realizado en campo según detalle de la figura 43 y 44.

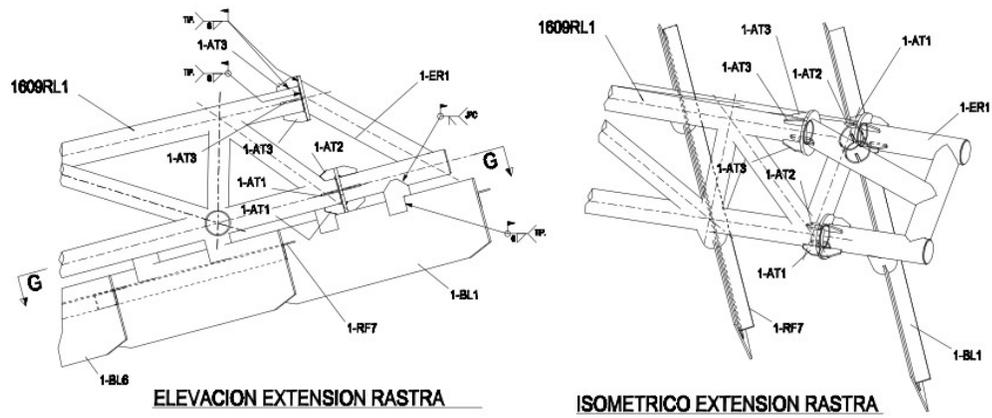


Figura 39. Detalle de Extensión de rastras mediante estructura fabricada. Tomado de «Planos de montaje Modificación de Rastras» (13)



Figura 40. Maniobra de montaje mecánico de extensión de rastras. Elaboración propia.

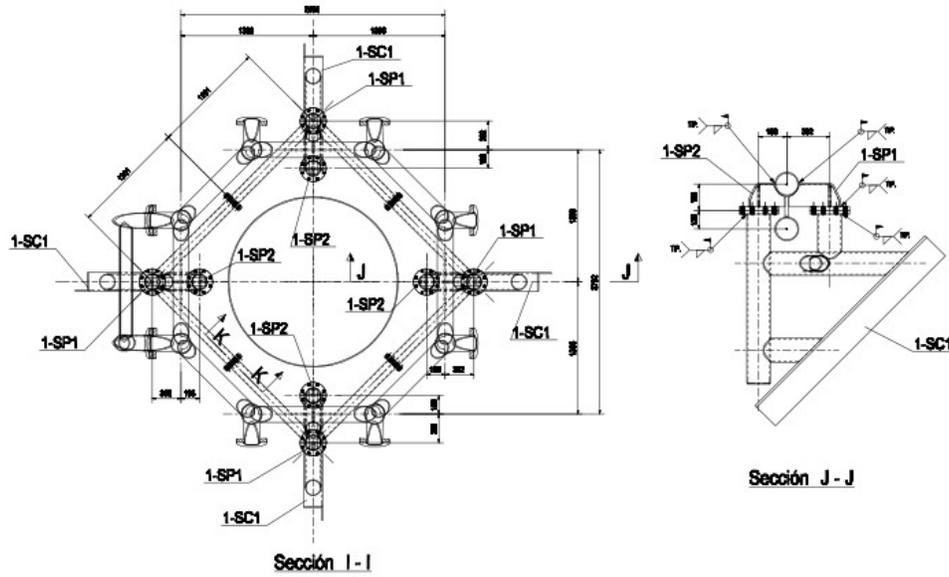


Figura 41. Montaje de nuevos Scrapers en Espesador. Tomado de «Planos de montaje Modificación de Rastras» (13)



Figura 42. Desmontaje de Scrapers existentes del Cono del THK-54. Elaboración propia



Figura 43. Montaje de nuevo Scraper y pintado en Cono de Espesador. Elaboración propia

- Después del trabajo de reforzamiento y montaje por soldadura se realizó el retoque con pintura como se ve en la figura 45.

4.4.4 Montaje de Electromecánico DRIVER.

Los trabajos en el DRIVE (figura 44) se clasifican en dos etapas: Desmontaje mecánico de las estructuras existentes (estructuras y equipos por reemplazar) y Montaje de modificaciones (Instalación de nueva estructura y equipo)

4.4.4.1 Desmontaje Mecánico.

Las actividades de desmontaje mecánico tienen dos objetivos principales: 01 Minimizar el peso de las estructuras del DRIVER para su levanta y poder acceder al Zuncho o columna principal para su reforzamiento y 02 Desalojar los equipos que serán reemplazados por unos de mayor capacidad.

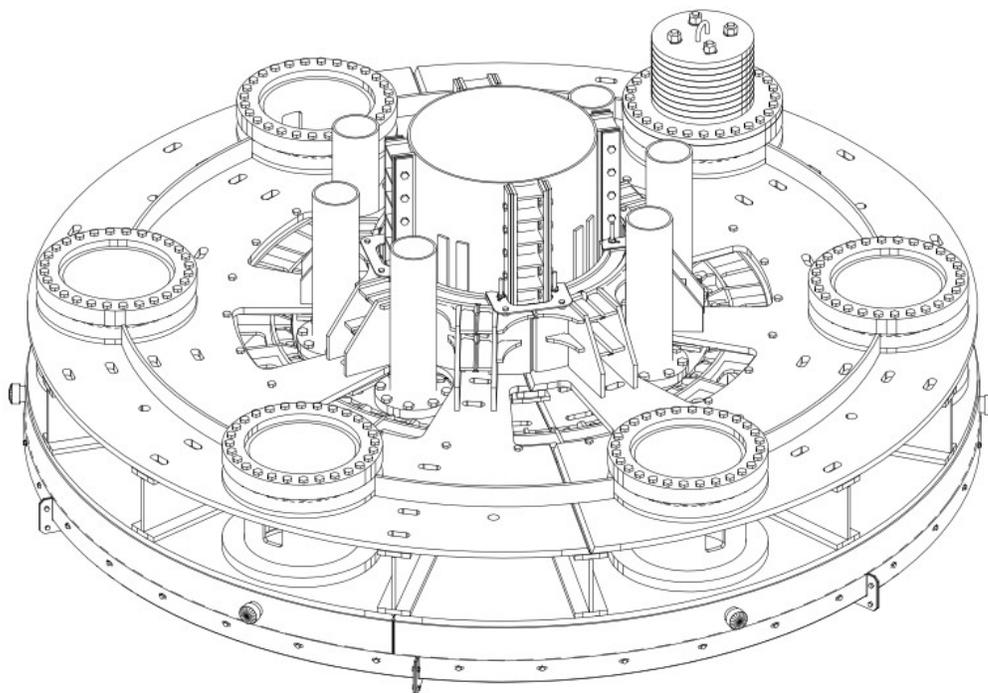


Figura 44. Vista Isométrica de Mesa de DRIVER. Adaptado de «Planos de Modificación de marco de Espesador de Relaves THK 54 de Cuajone» (13)

- La primera actividad es el desmontaje de las barandas del Drive y las guardas que protegen la corona. En la figura 45 se puede ver la corona liberada de guardas para su levante.



Figura 45. Vista del DRIVE sin guardas de corona previo al desmontaje de Reductores y housing existentes. Elaboración propia



Figura 46. Maniobras de izaje para el traslado de estructuras al interior del Espesador. Desde la misma posición se realizó el desmontaje. Elaboración propia.

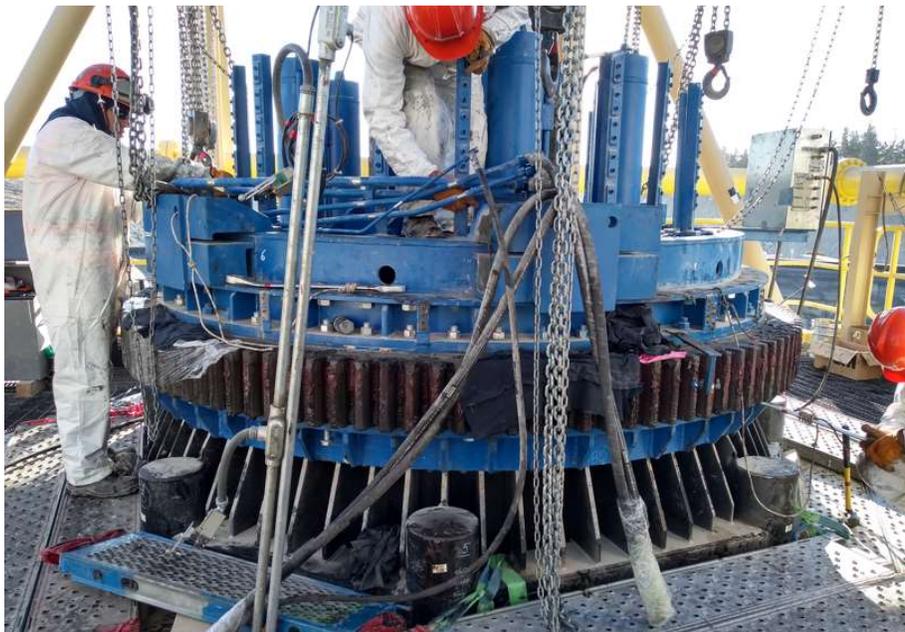


Figura 47. Retiro de Mangueras, tuberías hidráulicas y soportaría existente del Drive. Elaboración propia

- Se procede al desmontaje de los piñones que conectan a la corona, después se desmontan los motores hidráulicos y todas las mangueras del sistema hidráulico (figura 47), se realiza el izaje de los 05 reductores del Driver y finalmente se hace el desmontaje de los housing o bases de reductores. Todas estas actividades de

desmontaje se realizan mediante la grúa telescópica de 300 ton como se ve en la figura 46.

- En esta etapa solo falta el desacople de la corona con la base del DRIVER (Adapter Plate) para poder levantar la mesa del Driver. Se puede ver las principales partes del Drive en la figura 48.

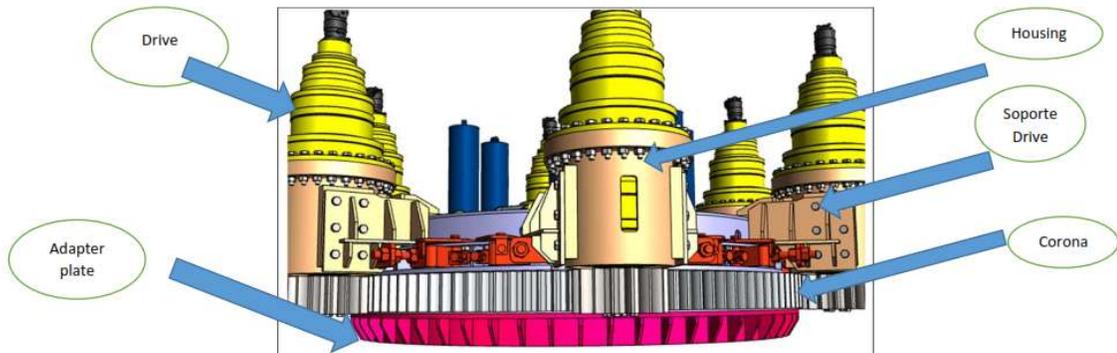


Figura 48. Principales componentes de la mesa del DRIVER. Fuente: TENOVA.

- Antes del desmontaje de componentes se debe levantar 200mm el torque cage con las rastras mediante los cilindros hidráulicos del Espesador, después se dejará unos tacos de madera maciza debajo de las rastras. Apoyado las rastras y el torque cage sobre el piso del espesador ya puede retirar los pernos pasantes y se deja la corona liberada. Se ve la figura 49 y 50 las rastras sentadas sobre los tacos.



Figura 49. Rastras sobre tacos de madera después del desacople de torque cage con adapter plate. Elaboración propia.



Figura 50. Apoyo de parte central de rastras apoyado sobre Tacos de madera. Elaboración propia

- **LEVANTE DE DRIVER DESACOPLADO:** Para realizar el levante del DRIVER liberado del adapter plate fue necesario el uso de 06 teclas de cadena con capacidad entre 03 a 05 toneladas, una vez levantado la mesa del DRIVER se instaló unos soportes “patas de elefantes” para asegurar que en caso que un tecla o varios cedan por fatiga estos elementos evitaran la caída completa.

- Para el levanta del DRIVE se diseñó unas orejas de izaje “orejas de elefante” y Soportes tubulares “patas de elefantes”. Figura 51 y 52 respectivamente.



Figura 51. Oreja de Elefante posicionada en Mesa de Drive para realizar punto de apoyo en el izaje de la meza del Drive. Elaboración propia.



Figura 52. Levante de Meza de Drive e instalación de patas de elefantes en entre Meza y Torque Adapter plate. Elaboración propia.

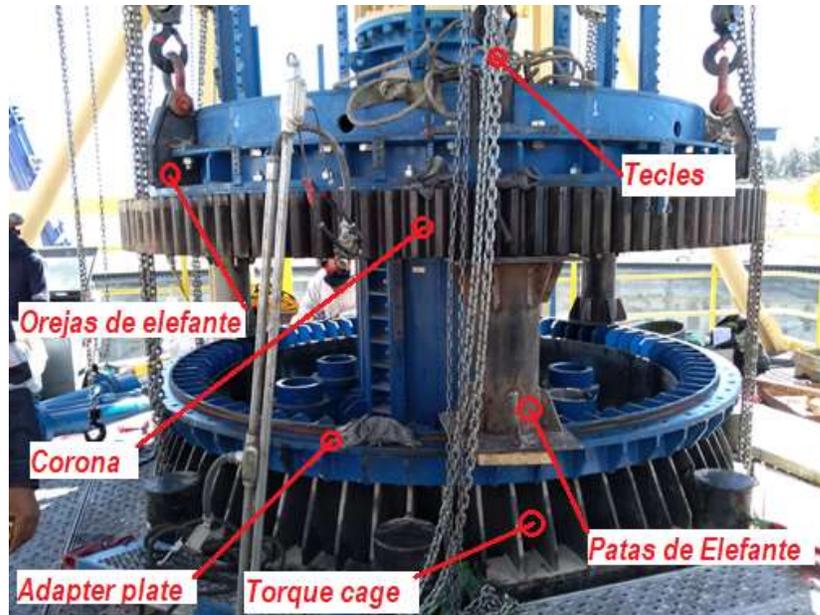


Figura 53. Vista del momento del levante de meza de Drive mediante maniobra mecánica con tecles de cadena. Elabroación propia.

- Cuando la mesa del DRIVER este levantado se deberá desinstalar el sistema de lubricación de la corona – piñón para realizar trabajos de soldadura sin riesgo a amagos de incendio. Figura 54.



Figura 54. Levante de Meza de Drive mediante Cilindros Hidráulicos existentes. Elabroación propia.

- También se realiza el desmontaje los cilindros hidráulicos existentes como se ve en la figura 55, para su cambio y para instalar nuevas placas de refuerzo.



Figura 55. Desmontaje de Cilindros Hidráulico existentes. Elaboración propia.

4.4.4.2 Montaje Mecánico de Modificaciones.

El montaje mecánico de modificaciones consiste en la instalación mediante soldadura de planchas habilitadas y conformadas sobre la mesa del DRIVER y la instalación, alineamiento de los nuevos motorreductores y sistemas que comprende.

- Levantado el Drive sobre las patas de elefante se realiza el montaje y soldeo de las placas inferiores de refuerzo (PL1 y PL2) de la mesa inferior según detalle en Planos, como se ve en la figura 56 y 57, donde se ve el proceso de montaje de la placa en el DRIVE.

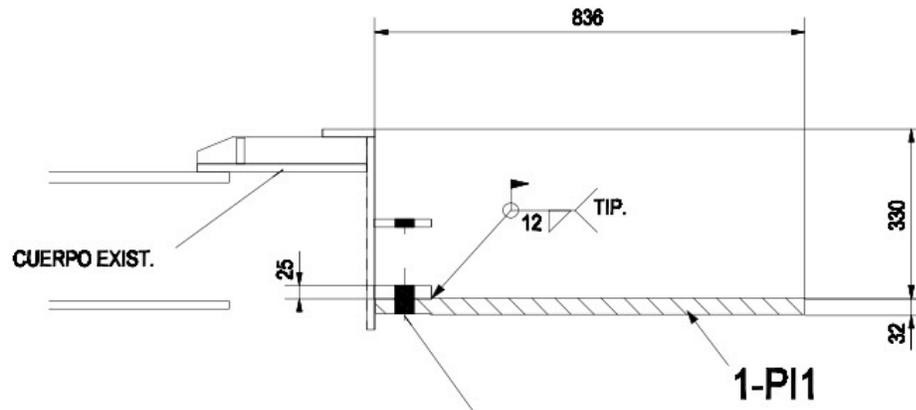


Figura 56. Instalación de plancha inferior en DRIVE. Adaptado de «Planos de Modificación de marco de Espesador de Relaves THK 54 de Cuajone» (13).

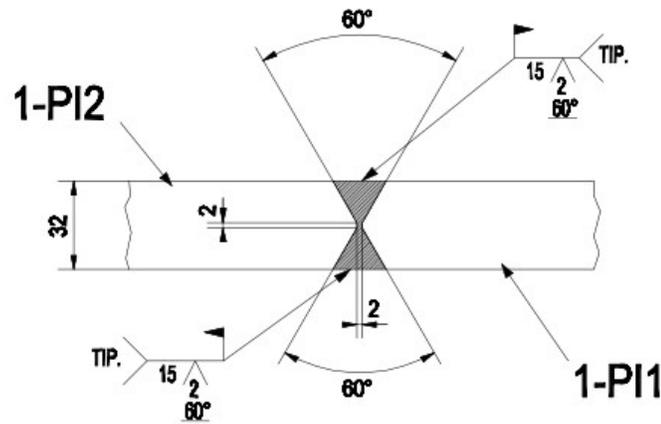


Figura 57. Detalle de Soldadura entre PL2 y PL1. Adaptado de «Planos de Modificación de marco de Espesador de Relaves THK 54 de Cuajone» (13).

- Revisado los planos se ejecuta el trabajo y se puede ver en la figura 58 el inicio con el izaje de las placas inferiores y en la figura 59 en proceso de montaje de la misma placa en el Drive.



Figura 58. Ensamblajes preliminares de Placa superior PS y Placa inferior PL para asegurar que sus agujeros estén centrados para los housing dentro de la tolerancia. Elaboración propia.



Figura 59. Montaje de Placas inferiores PL1 y PL2 en DRIVE mediante maniobra mecánica de teclas de cadena. Elaboración propia.

- **MONTAJE DE VIGAS RADIALES:** Para el reforzamiento entre la plancha superior e inferior se hizo el soldeo de 12 vigas radiales mediante soldadura según detalle de la figura 60 y 61.

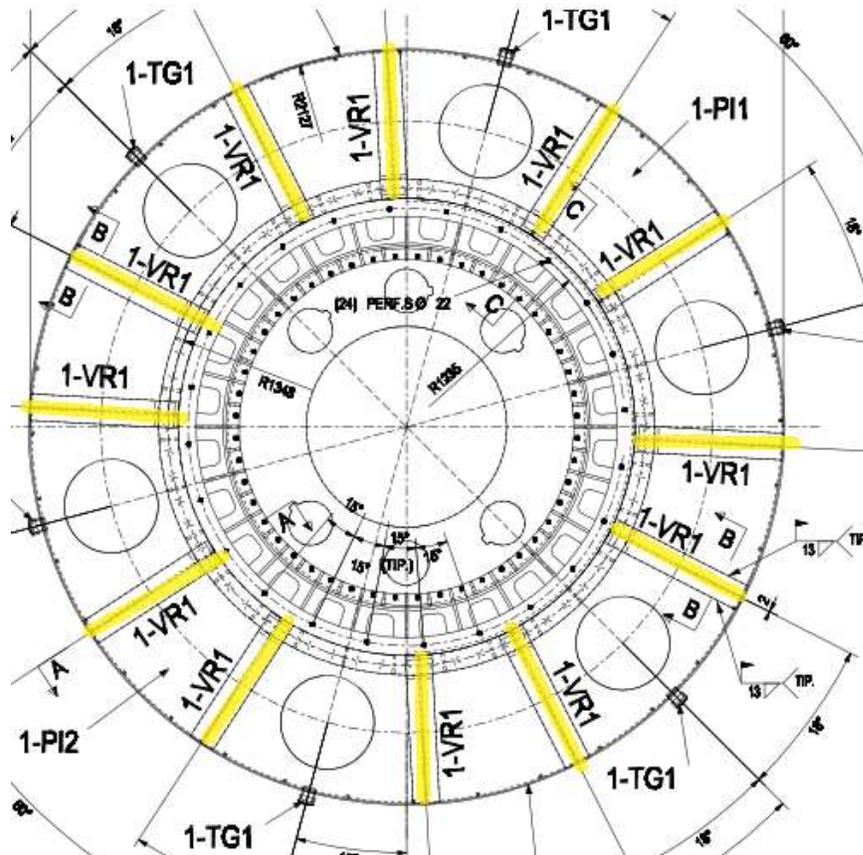


Figura 60. Distribución de vigas radiales en DRIVE. Adaptado de «Planos de Modificación de marco de Espesador de Relaves THK 54 de Cuajone» (13).

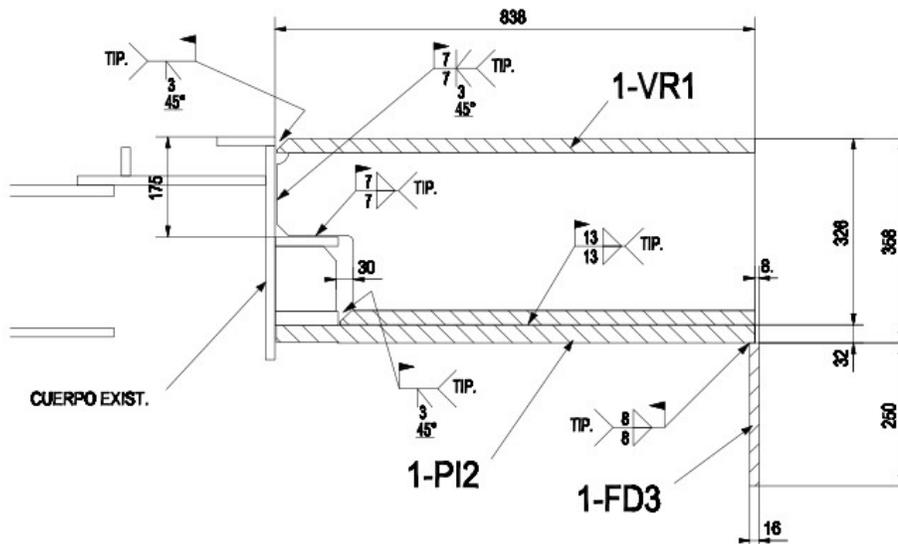


Figura 61. Detalle de soldadura de Vigas VR1. Adaptado de «Planos de Modificación de marco de Espesador de Relaves THK 54 de Cuajone» (13).

- En la figura 62 se está realizando el armado de las vigas radiales sobre la placa inferior y se ha hecho la limpieza de las juntas para comenzar la soldadura al DRIVE.



Figura 62. Montaje y soldado de Vigas radiales VR-1 sobre placas inferior y estructura existente de DRIVE. Elaboración propia.

- MONTAJE DE FILLER PLATE: El reforzamiento de la placa superior del DRIVE se denomina filler plate, ese se refuerza mediante soldadura de planchas del mismo nombre (FP1) y encima de este unas planchas rigidizadores llamadas laines (LA1 y LA2), se ve el detalle en la figura 63 y 64.

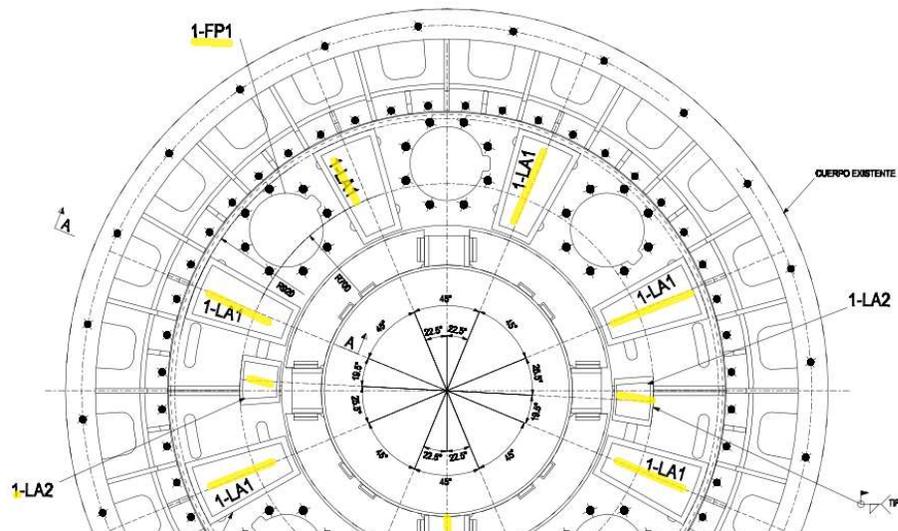


Figura 63. Ubicación de montaje de Planchas filler plate y laines en DRIVE. Adaptado de «Planos de Modificación de marco de Espesador de Relaves THK 54 de Cuajone» (13).

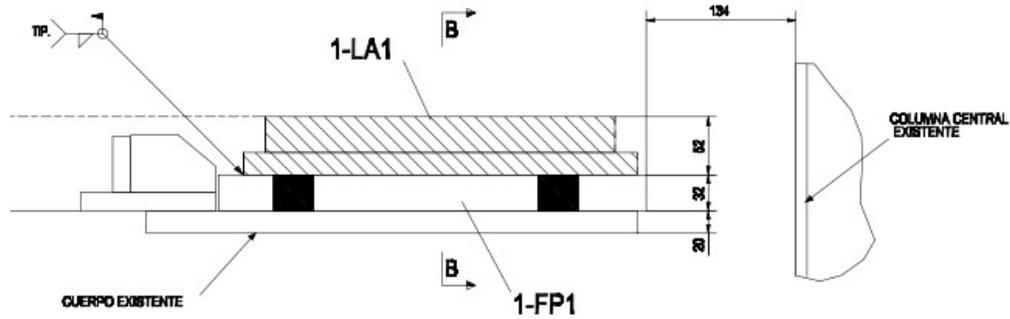


Figura 64. Detalle de soldeo de FP y LA1. Adaptado de «Planos de Modificación de marco de Espesador de Relaves THK 54 de Cuajone» (13).

- En la figura 65 se muestra en color verde el filler plate montado en la mesa del Drive.
- Primero se realiza el montaje de las placas del Filler plate, FP1, que se compone de dos secciones como se puede ver en la figura 66.
- Después del Filler del plate se montan 08 lainas LA1 y 04 lainas LA2 como se ve en la figura 66 y 67.

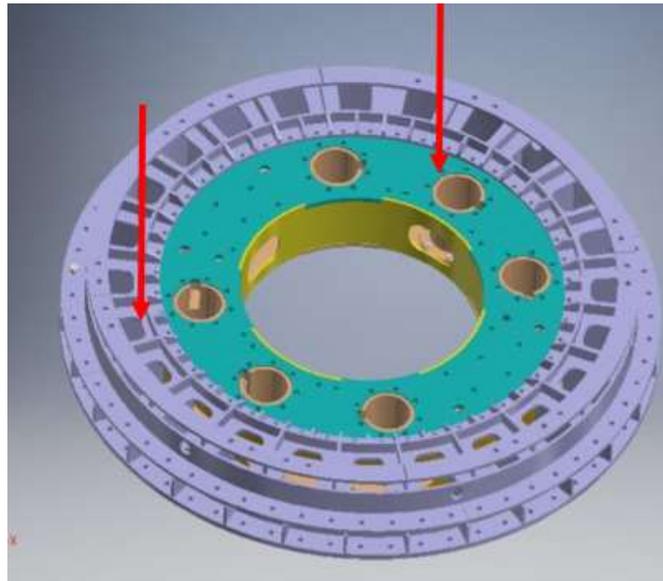


Figura 65. Instalación Filler plate. Tomado de «Instructivo para Montaje de Drive de Espesador de Cuajone» (16 p. 21)



Figura 66. Montaje de placas FP1 sobre DRIVE. Elaboración propia



Figura 67. Armado y soldeo de Laminas LA1 sobre filler plate soldado. Elaboración propia.

- **MONTAJE DE PLACAS SUPERIORES:** El reforzamiento estructural del plato del DRIVE termina con el soldeo de las placas superiores (PS1 y PS2), Figura 68. El detalle de soldadura es el mostrado en la figura 69 extraída del plano de montaje.

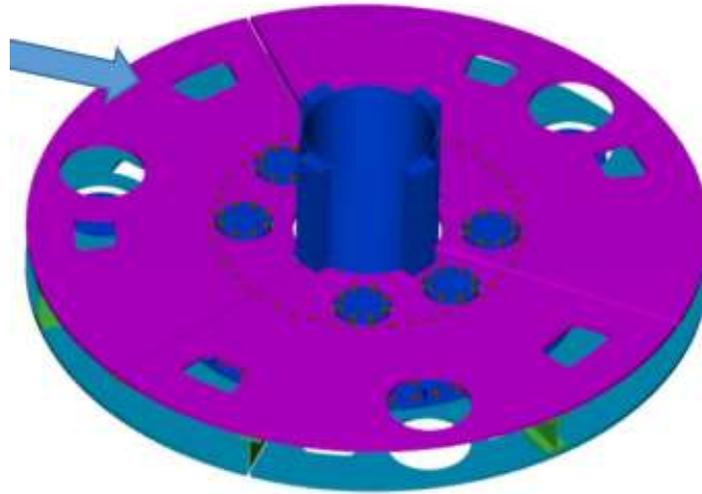


Figura 68. Instalación placa superior. Tomado de «Instructivo para Montaje de Drive de Espesador de Cuajone» (16 p. 20)

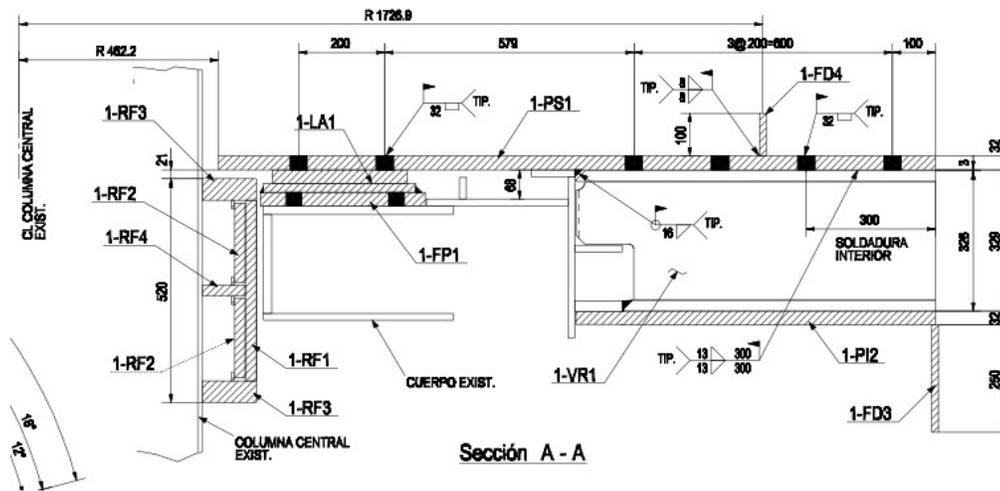


Figura 69. Detalle de Soldadura de placas superior. Adaptado de «Planos de Modificación de marco de Espesador de Relaves THK 54 de Cuajone» (13).

- En la figura 70 se ve el momento final del montaje de las dos secciones de la placa superior sobre el Drive. Después de la liberación topográfica se ejecuta la soldadura.



Figura 70. Montaje de Placa superior PS1 y PS2 en DRIVE. Elaboración propia.

Completado el reforzamiento de las planchas del DRIVE se procede al montaje de nuevos equipos y housing

- **MONTAE DE NUEVOS HOUSING:** Para la instalación de los housing debe estar liberado el reforzamiento de la placa superior (figura 71, liberación topográfica), placa inferior y el montaje de las vigas radiales de la mesa del DRIVE. Se instalaron 06 housing mediante soldadura en las ubicaciones indicadas en la figura 72.

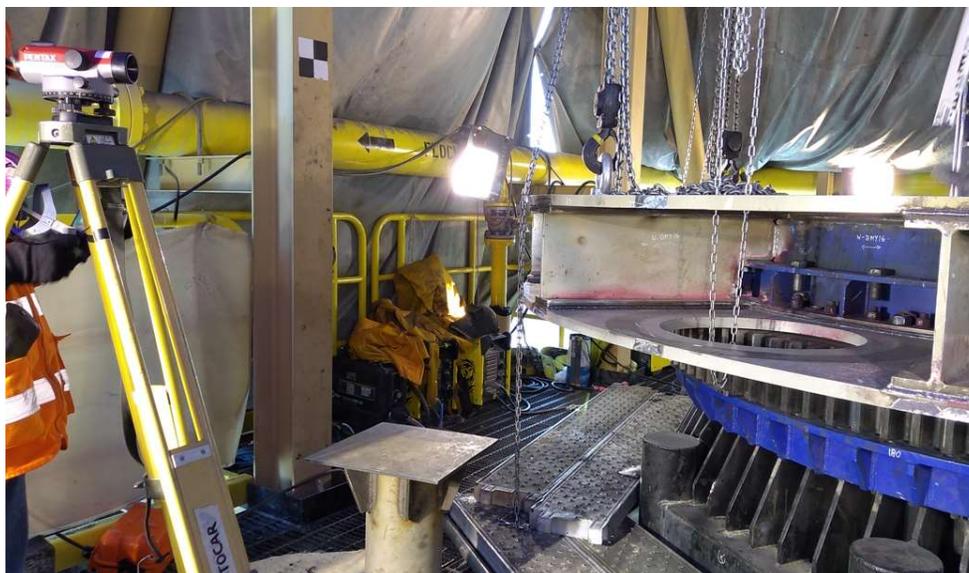


Figura 71. Liberación topográfica de Meza de Drive y posición de Housing. Elaboración propia.

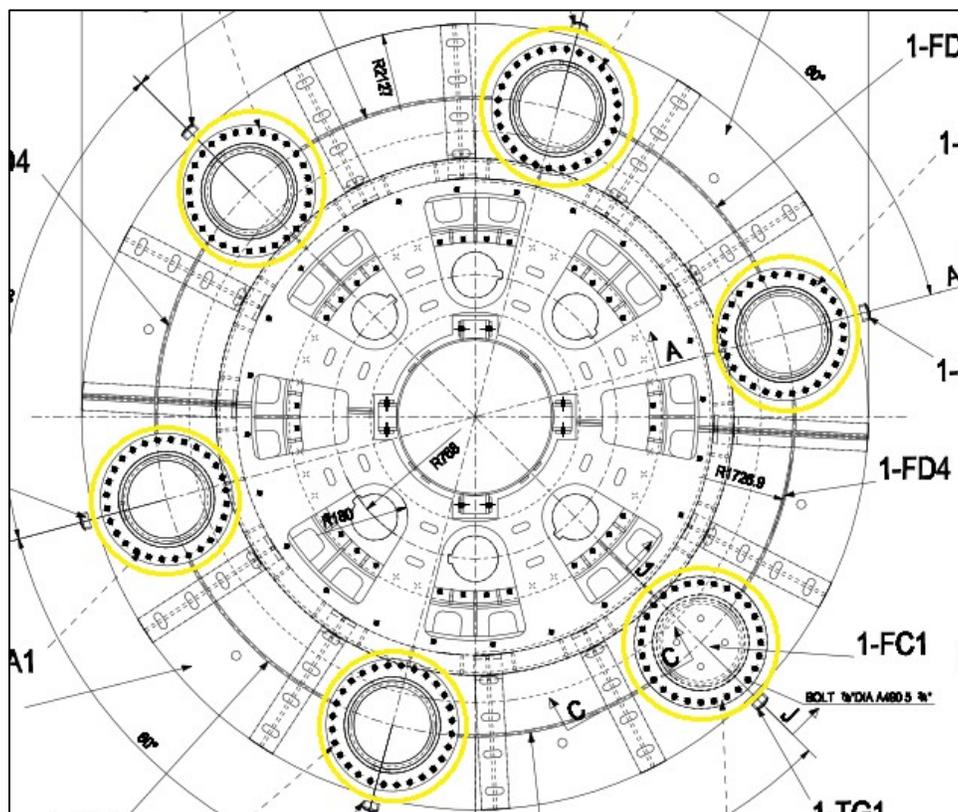


Figura 72. Ubicación de los Housing en DRIVE. Adaptado de «Planos de Modificación de marco de Espesador de Relaves THK 54 de Cuajone» (13)

- Previo al montaje de los 05 reductores del DRIVE, estos se verifican y ensamblan con los nuevos piñones.
- Los Housing fueron montados desde el exterior el Espesador mediante grúa telescópica, se alinean y liberan por topografía previo al soldeo. Se debe asegurar mecánicamente que se pueda montar el piñón que ensamblara con la corona existente.
- Se realiza el montaje de los reductores con el piñón en el interior de los housing. El trabajo principal del montaje será el alineamiento entre el piñón y la corona, este proceso es el backlash, figura 76.
- El trabajo de montaje de Housing no es estrictamente seriado pudiendo iniciar el montaje del segundo una vez completado el primero, la secuencia es Housing de lado contrario por seguridad. Gráficamente se muestra desde la Figura 73 al 77.



*Figura 75.*Ensamble de nuevos reductores con piñon y housing. Elaboración propia.



*Figura 76.*Backlash entre piñon corona de Espesador THK-54. Elaboración propia.



Figura 77. Montaje de Motor reductores nuevos y contrapeso sobre DRIVE. Elaboración propia.

- MONTAJE DE GUÍAS (Figura 78): Se instalan primero placas deslizantes de acero inoxidable los cuales se instalan mediante pernos de clase 10.9. Se debe verificar la verticalidad como se observa ejecutar en la figura 79.
- Se instalará las guías móviles mediante soldadura sobre las lanas LA1 y la placa superior PS1, PS2, se puede ver la figura 80.

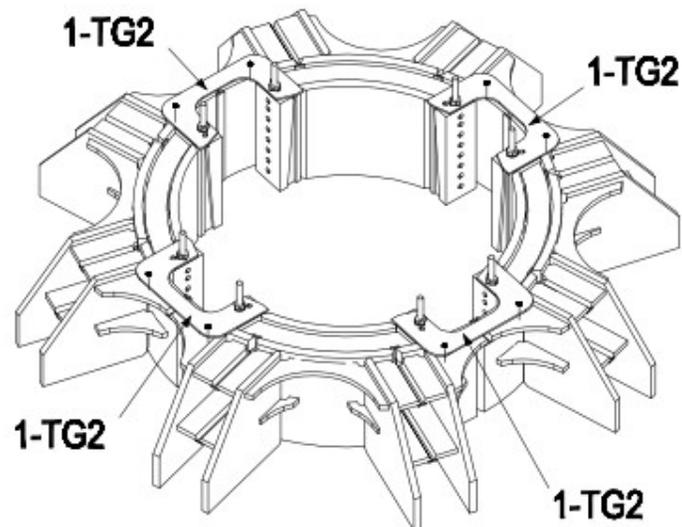


Figura 78. Vista de guía fija y guía móvil. Adaptado de «Planos de Modificación de marco de Espesador de Relaves THK 54 de Cuajone» (13)



Figura 79. Montaje de Guías Vertical GV1 sobre Guías existentes y alineamiento. Elaboración propia.



Figura 80. Montaje y soldeo de Guías móviles de espesador sobre DRIVE. Montaje de Nuevos cilindros hidráulicos. Elaboración propia.

- La soldadura es según planos, en la figura 81 se extrae el detalle de soldadura de las guías móviles GU1 y GU2 sobre las planchas PS1, PS2 y al nuevo cuerpo del Zuncho.

4.4.5.1 Modificaciones en Columna Central existente.

- Para instalar las placas roladas fue necesario el corte de guías y atezadores existentes. En la figura 83 se indica en amarillo las zonas de corte según plano

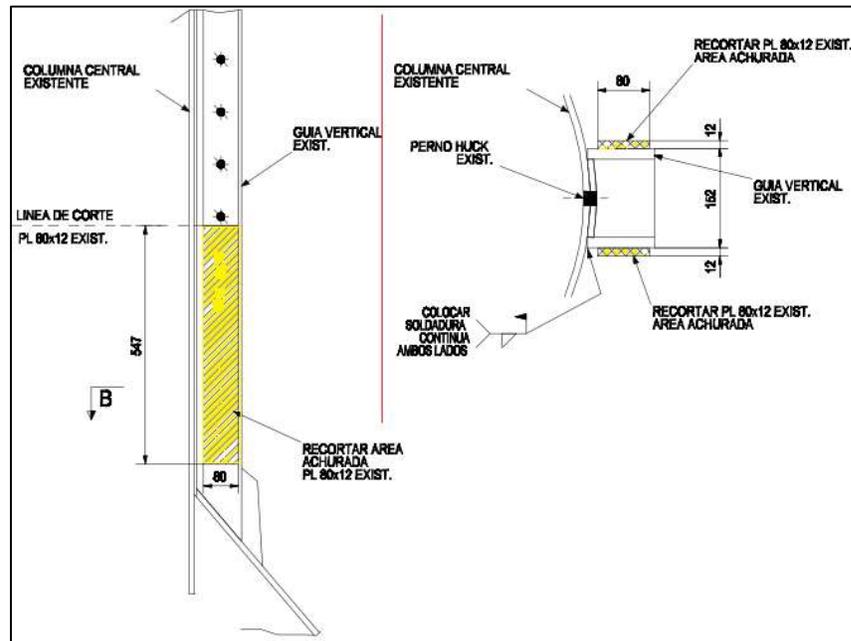


Figura 83. Zonas de corte en zuncho. Adaptado de «Planos de Modificación de marco de Espesador de Relaves THK 54 de Cuajone» (13)

4.4.5.2 Reforzamiento de columna existente.

- Después de realizar los cortes en el zuncho se puede realizar la instalación o armado de placas de refuerzo según detalles de planos, figura 84.
- En la figura 85 se ve el soldeo de los anillos de refuerzo del cuerpo del zuncho, estos anillos sirven de base para el armado y soldeo de placas roladas. Se finaliza el montaje de anillos con el control de calidad, figura 86.
- Liberado el soldeo de los anillos RF3, RF4 y RF7, se procede al soldeo de placas roladas RF1, RF5, RF6 y RF2 como en la figura 87 y 88. Se realiza también el control de calidad como se ve en la figura 89.
- Después del soldeo completo de las placas roladas en el Zuncho se realizará el pintado del eje principal reforzado, figura 90 y se dejará secar por 04 días como mínimo como exige el tiempo de curado de la pintura.

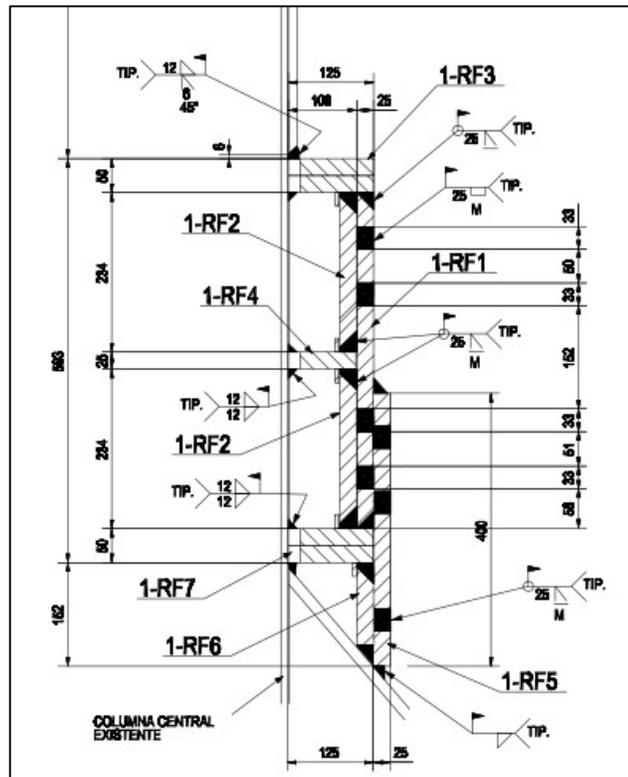


Figura 84. Detalle de soldeo de refuerzos de Zuncho. Adaptado de «Planos de Modificación de marco de Espesador de Relaves THK 54 de Cuajone» (13)

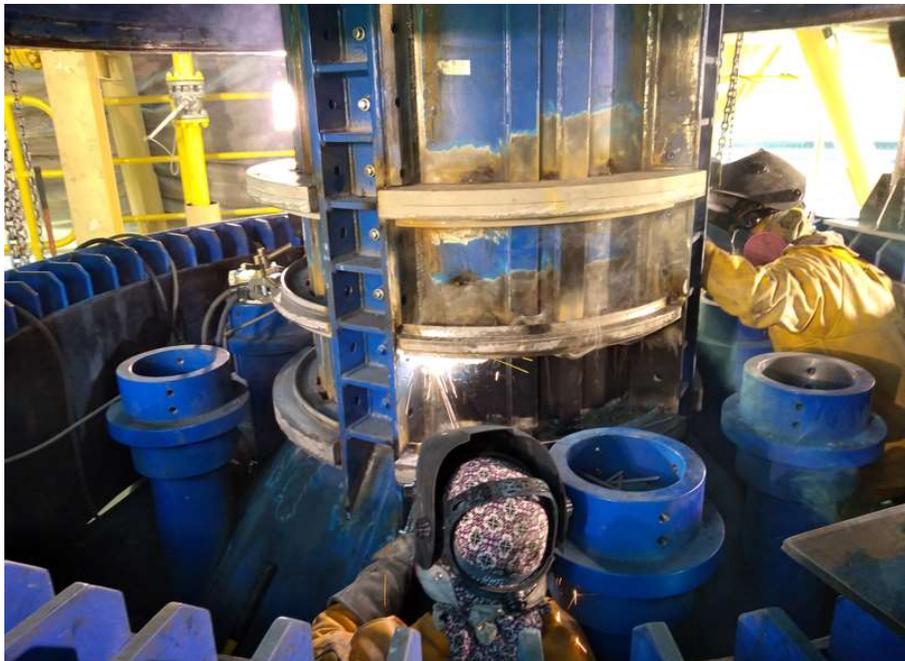


Figura 85. Procedimiento de soldeo de refuerzo RF3, RF4 y RF7 en columna principal del Espesador. Elaboración propia.



*Figura 86.*Control de calidad del Soldeo, aplicación de PT = Tintes penetrantes en soldeo de refuerzos. Elaboración propia.



*Figura 87.*Soldeo de Refuerzos RF2 y RF6 en Zuncho de Espesador. Elaboración propia.



Figura 88. Soldeo de Reforzamiento RF1 y RF5 sobre nuevas placas del Zuncho del THK-54.
Elaboración propia.



Figura 89. Control de calidad del soldeo de reforzamiento en Zuncho. Elaboración propia.



Figura 90. Pintado de nuevas estructuras. Elaboración propia.

MONTAJE DE EQUIPOS EN DRIVE: Se procede al montaje de los nuevos cilindros hidráulicos, estos se deben asegurar en los soportes ubicados en el eje principal, figura 91.

- Se retira los soportes de la mesa “patas de elefante” y se bajara de forma coordinada la mesa del DRIVE sobre el adapter plate para ensamblar.
- Se realiza el torque de los pernos de la corona con el adapter plate.
- Se debe levantar mediante los cilindros hidráulicos el torque cage o jaula, la cual esta ensamblada a las rastras, así se puede liberar los tacos de madera donde descansan.
- Se verifica los niveles mediante topografía. Figura 92.
- Se reinstala el sistema de tuberías y mangueras hidráulicas. Figura 93.
- Se instalan barandas de Drive. Figura 94.
- Se desarma la torre de Andamio para comenzar pruebas.



Figura 91. Montaje de nuevos Cilindros hidráulicos en el Espesador. Elaboración propia.



Figura 92. Liberación topográfica del montaje de Placas de reforzamiento del DRIVE. Elaboración propia.



*Figura 93.*Reinstalación de sistema hidráulico para los reductores del Espesador THK-54. Elaboración propia.



*Figura 94.*Instalación de barandas de Espesador THK-054. Elaboración propia.

4.4.6 Pruebas de Comisionamiento y Puesta en Marcha

Previo a la etapa de pruebas se debe levantar los puntos del punch list de construcción. Anexo 1.

Cuando el cliente SPCC y TENOVA dieron como cerrado los puntos del Punch previa caminata se convocó a los diferentes especialistas para las pruebas en vacío.

4.4.6.1 Pruebas en Vacío o Comisionamiento.

La etapa de Comisionamiento involucra actividades que aseguran que los sistemas del Espesador THK-54 sean aptos para el ingreso de carga. Las pruebas fueron lideradas por la supervisión de TENOVA y ejecutada por IMCO.

Primero se realizó una reunión con los involucrados sobre los puntos críticos durante la prueba y el procedimiento de boqueo – etiquetado.

Superado esta etapa se detalla las pruebas realizadas:

- **REGULACIÓN DE DISTANCIA DE PAD y PLACA TEFLON CURVADA:** Los pad son elementos instalados en la jaula o torque cage del Espesador; el objetivo es verificar los pad cuando el Espesador este en giro no impacten con la columna central o Zuncho.
- Para verificar esto, se armó andamios sobre las rastras y el personal habilitado encima de esta estructura verifico la luz pad-eje mientras las rastras giraban.

PRUEBAS DE GIRO CONTINUO PARA ASEGURAMIENTO DE DRIVE:

- Se dará una prueba de giro continuo para verificar el acoplamiento entre el piñón y la corona del DRIVE, se aplica azul de Prusia sobre los piñones para verificar que el contacto entre los dientes es uniforme. Figura 95.
- El giro de las rastras en vacío será 08 a 24 horas aproximadamente verificando cada hora que los parámetros sean aceptables.
- Se elaboran los protocolos y registros de calidad que evidencien la aceptación del trabajo.



*Figura 95.*Rastro de azul de Prusia en las pruebas dinámicas entre piñón y corona de Espesador.
Elaboración propia.

- **REGULACIÓN DE LEVANTE Y SETEO DE MECÁNICO:** Mediante instrumentos de medición se realiza el seteo de limit switch reubicando el poste y posteriormente instalando las guardas del DRIVE.
- Todas las calibraciones se realizan de acuerdo a las indicaciones detalladas en los manuales del vendor TENOVA.
- Se inspecciona que las boquillas de engrase se encuentren en perfecto estado y direccionadas para engrasar la corona.
- **PRUEBAS ELÉCTRICAS Y DE INSTRUMENTACIÓN.** Se verifica los instrumentos en las rastras; verificación de instalación de acuerdo a planos y manuales, identificación, verificar la operación mecánica (accionamiento manual), verificación de continuidad eléctrica entre contactos cambiándolos de estado (STOP, ARRIBA, ABAJO, etc) y verificar que las conexiones estén de acuerdo a planos con terminales adecuados.
- Se realiza la prueba de lógica secuencial.
- Pruebas en los sistemas de engrase y lubricación.

- Se realiza una caminata “Punch List” de Comisionamiento para iniciar la etapa de puesta en marcha. Levantado los puntos mencionados se da por finalizado la etapa de Comisionamiento.

4.4.6.2 Puesta en Marcha del Espesador THK-54

Las actividades de Puesta en marcha fueron planificadas por SPCC y Tenova. IMCO dio el apoyo de personal capacitado para asistencia en actividades mecánicas y eléctricas.

- Antes de realizar las pruebas con el material de trabajo que es la pulpa del proceso de Flotación, se ingresa al Espesador agua recuperada (Figura 96) y se realizan los mismos controles descritos en Comisionamiento, giro de rastras, verificación de torque, levante y bajada de rastras, en todo este procedimiento las válvulas en el underflow permanecen cerradas para mantener el Espesador lleno de agua.



Figura 96. Ingreso de agua recuperada para pruebas con cargas del Espesador THK-54.
Elaboración propia.

- Cuando las pruebas con agua tienen la aprobación de operaciones de SPCC se realiza el drenado del agua, para esto se utiliza las bombas Warman que se encuentran el túnel del Espesador (Figura 97). El agua es conducida por la tubería de recirculación hacia los tanques de almacenamiento de agua recuperada, figura 98.



Figura 97. Tunnel de bombas Warman del Espesador. Elaboración propia.



Figura 98. Sistema de recirculación del Espesador de Relaves. Elaboración propia.

- SPCC realizar coordinaciones con operaciones para apertura de la válvula de tipo compuerta del cajón de relaves, figura 99.
- Las pruebas con carga de relave son realizadas completamente por operaciones de SPCC. Por su parte TENOVA e IMCO solo realizan actividades de vigilancia ante cualquier falla del equipo. Las pruebas con carga se realizan por 04 días, en este tiempo el Espesador es parte ya del proceso metalúrgico de Cuajone.



Figura 99. Válvula de Compuerta de Cajón de relaves. Elaboración propia.

CAPITULO V. RESULTADOS.

5.1 Resultados finales de las actividades realizadas.

- Se realizo la ejecución del rediseño del Nuevo Espesador de relaves THK-54, realizando los trabajos según los planos de reingeniería de TENOVA.
- Se realizo el desmontaje de todas las estructuras que fallaron durante las pruebas con carga en el proyecto anterior. Se hizo el desmontaje de Blades doblados, se reforzo los Blades, se montaron nuevos Blades, se desmonto la estructura del Scraper con deformación y se montó una nueva estructura Scraper en el cono del Espesador.
- Se reforzo los componentes principales del Espesador mediante la instalación y soldadura de nuevas placas en la columna principal y en la estructura del DRIVE para aumentar su espesor en conjunto y sea una estructura más resistente a la torción que genera en operación el Espesador.
- Se desmonto los motorreductores existentes, los cilindros hidráulicos y los soportes de los reductores (housing) para realizar el montado de nuevos equipos de mayor capacidad que generen en conjunto mayor par torsor en la operación del Espesador THK-54.
- Se realizo las pruebas de precomisionamiento, comisionamiento y puesta en marcha del Espesador con lo que se aseguró que el Espesador está operativo y listo para servicio en la minera Cuajone.

5.2 Logros alcanzados.

- Con el proyecto se logró dejar operativo y en servicio el Espesador de relaves de 50 metros de diámetro en la mina Cuajone cumpliendo con todas las especificaciones técnicas de SPCC y TENOVA.
- La puesta en servicio del Espesador THK-54 permite a SPCC dejar fuera de servicio a los 03 espesadores convencionales de 131 metros que tenía en operación antes de este nuevo espesador, además permite terminar la primera etapa de su proyecto de reemplazo de espesadores dejando así cumplido el primer hito para planear la construcción de un segundo espesador de alto rendimiento.
- En lo personal desarrollar este proyecto me ha generado una valiosa experiencia en este tipo de equipo electromecánico, donde he podido aplicar mis conocimientos de ingeniería mecánica y los que gane en proyectos anteriores, además que fue mi primer proyecto en esta importante minería peruana, Southern Copper Corporation que me permitió conocer sobre su filosofía de trabajo.

5.3 Dificultades encontradas.

Las dificultades que se presentaron en el desarrollo del proyecto son de dos tipos; internas por parte de IMCO y externas por parte del cliente.

Dificultades Internas:

- Andamios fuera de norma: Los andamios facilitados por IMCO para armado del acceso al espesador fueron observados por SPCC por no ser normados. IMCO tuvo que alquilar Andamios Layer para iniciar este trabajo y desmovilizar los que no normados.
- Personal Andamiero sin homologación. Se tenía la homologación del personal Andamiero en la marca Ubinas, por el cambio de marca se tuvo que homologar al personal en Layer.
- Falta de certificados de operatividad de equipos críticos: La grúa telescópica y el camión grúa llegaron a obra antes de iniciar el proyecto, pero no contaban con

certificado de operatividad vigente por lo que personal de San Lorenzo (empresa que alquilo estos equipos) tuvo que venir a certificar en obra estos equipos. Esto impacto en tiempo y costo al proyecto y todo fue asumido por IMCO.

- Demora en la procura de materiales: IMCO cuenta con un sistema logístico interno que requiere mucho detalle para hacer una compra, además que el personal no es especializado y demora en toma de decisiones.
- Falta de área de oficina técnica en obra: Por lo corto del proyecto no se consideró un área de oficina técnica lo que exigió que el Ingeniero de planeamiento y supervisor de calidad asuman actividades adicionales a sus funciones como generación de RFIs, Planes de Izaje, PETs, metrados y asesoramiento en la lectura de planos durante la construcción.

Dificultades externas:

- Secuencia constructiva: Ya en el desarrollo del proyecto se revisó el cronograma presentado para 71 días calendarios y se determinó que no era viable técnicamente y por seguridad. En la figura 100 se ve que hacer en párelo las actividades de desmontaje Mecánico (actividad 16), Reforzamiento de Zuncho (actividad 32) y Montaje de modificaciones (actividad 22) no se puede, se debe secuenciar en serie.
- Mayor metrado al presupuestado: El montaje de estructuras tuvo un mayor metrado al presupuestado, de 108,488.36 kg (contractual) hasta 136,345.63 Kg (Real), este es mayor cantidad de trabajo de montaje a lo estimado.

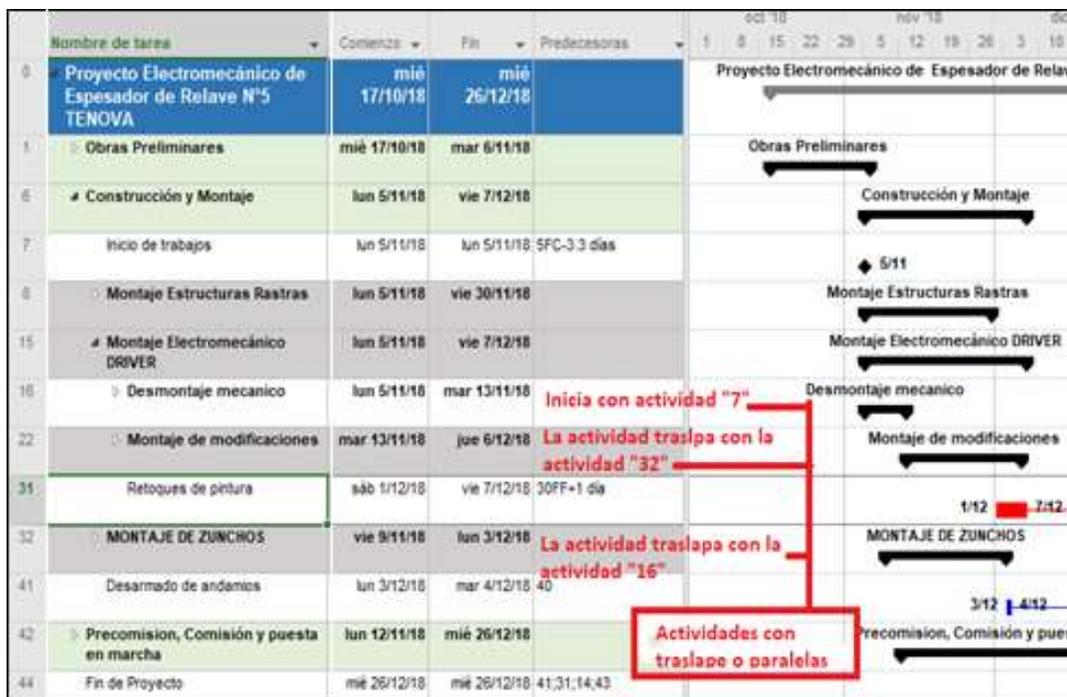


Figura 100. Cronograma inicial marcado con actividades 16, 22 y 32 en traslape. Fuente: Elaboración propia.

- **Clima Adverso:** La tormenta eléctrica generó que el personal deba detener sus actividades durante la alerta roja por seguridad. En la tabla 13 se muestra el reporte de paradas por clima adverso.
- **Ausencia de Supervisor eléctrico de SPCC:** Para desmontar los cilindros hidráulicos del Espesador de debía bloquear el Espesador, pero el supervisor responsable de SPCC se encontraba fuera de mina por lo cual se detuvieron las actividades por 01 día.
- **Fallas de fabricaciones de TENOVA:** Las fabricaciones no contemplaron el criterio de soldadura y fueron enviadas completamente pintadas. En la figura 101 se ve que se tuvo que hacer trabajo adicional de limpieza mecánica. También se hicieron correcciones a las fabricaciones que llegaron diferentes a los planos, esto dificultó el proceso de montaje porque se tuvo que corregir las fallas para continuar.



Figura 101. Fallas de fabricación. Fuente: Elaboración propia

5.4 Planteamiento de mejoras.

Las dificultades internas y externas detalladas en el punto 5.3 impactaron en tiempo y costo del proyecto, generando atraso y sobre costo que fue asumido por el proyecto. Se detalla en los siguientes puntos las mejoras implementadas al respecto.

5.4.1 Metodologías propuestas

La metodología propuesta es de la mejora continua que según Proaño (17) es la acción de encontrar los problemas que requieren mejorar en las áreas de conocimiento para de esta manera generar un plan de acción que pueda ser evaluado en el tiempo, que sea medible (17 pp. 50-56).

Los pasos para implementar la metodología de la mejora continua es (17):

- Analizar la causa raíz del problema, ¿que genera el problema?
- Proponer y hacer un plan de acción. ¿Qué hacemos para resolver el problema?
- Acción de plan y seguimiento constante. Se implementa en plan de acción.
- Evaluar resultados. Se analizan indicadores de mejora y desempeño.

5.4.2 Descripción de la implementación

A continuación, se describen las mejoras implementadas en el proyecto:

- Andamios sin norma: Se implemento área responsable de Andamios. Esta área fue liderada por un supervisor de Andamios en planta principal que verifico que todos los andamios enviados a obra estén normados y operativos.

- Personal Andamiero sin homologación: Se recluto personal Andamiero con homologación vigente en sistema Layer de otros proyectos de IMCO como apoyo por un tiempo definido.
- Grúas sin certificados de operatividad: Se implemento una administradora de equipos en Planta que verifico toda la documentación exigida por el cliente, se apoyó con el área de SSOMA (Seguridad y Salud Ocupacional y Medio Ambiente).
- Demora en la procura de materiales: Respecto a este punto, al final del proyecto en lecciones aprendidas se recomienda cambiar el sistema de requerimientos de la empresa por uno más amigable y capacitar al personal logístico en las áreas de negocio de IMCO, además de especializar a personal en rubros específicos para un mejor manejo de proveedores.
- Falta de área de oficina técnica: Se implemento un área de soporte para en Planta principal para actividades puntuales en memorias de cálculo y planos de detalles.
- Secuencia Constructiva: Se desarrollo un nuevo Cronograma que contemple la ruta correcta de trabajo; la secuencia correcta es desmontar todos los elementos que están por encima del DRIVE (Housing, Motores Hidráulicos y Cilindros Hidráulicos) para levantar DRIVE con la menor carga posible, levantado el DRIVE se colocan los soportes temporales, entonces recién se ingresa a la zona del “Zuncho” para realizar los trabajos en esa zona, cuando se terminan las actividades del Zuncho se puede continuar con el montaje de modificaciones como se ve en la figura 102. Esta rápida acción de IMCO genero ampliación de plazo y el costo adicional fue reconocido por SPCC.
- Mayor metrado al presupuestado: Se implemento un balance de metrado sustentado con pesos según packing List y cálculos geométricos que sincero que el metrado presupuestado de 108,488.36 kg (contractual) aumento a 136,345.63 Kg (Real), esto impacto en 19 días adicionales para montaje como se ve en la tabla 12, donde se

muestra el resumen del balance de metrado, que es una acción para sustentar mayor metrado al contratado. El tiempo adicional como el costo fue reconocido por SPCC.

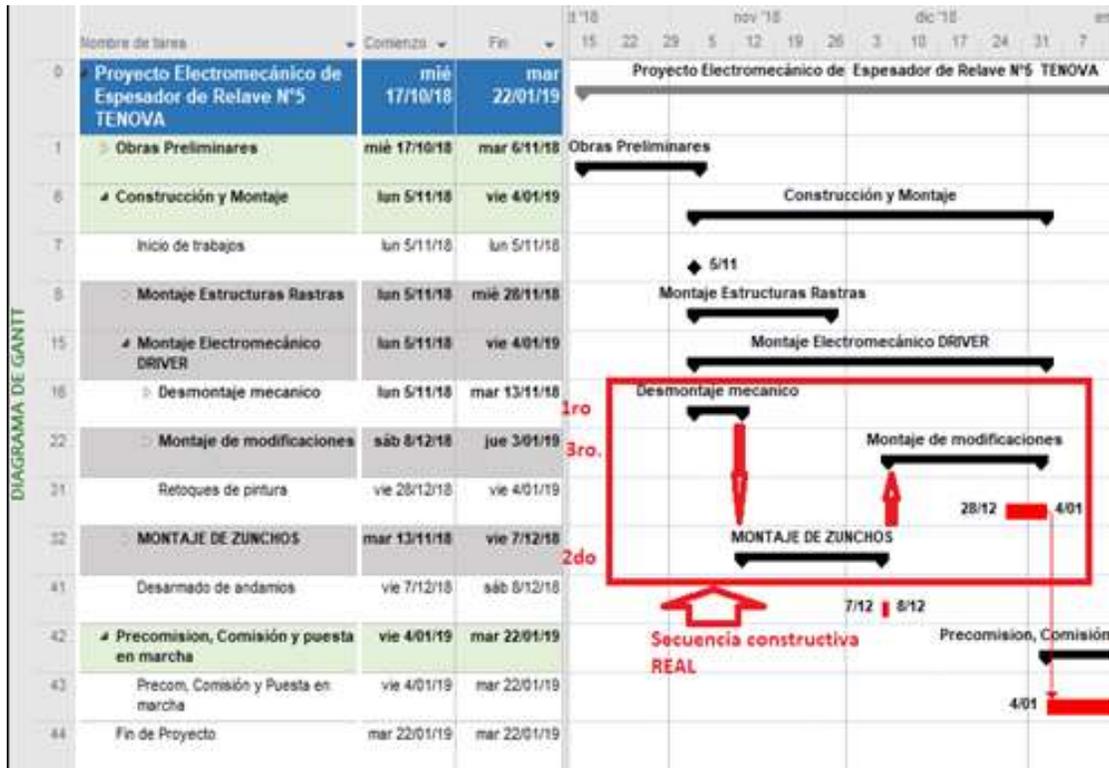


Figura 102. Cronograma en modificación por proceso constructivo. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. Resumen de Balance de Metrados

EMPRESA : IMCO SERVICIOS SAC		RESUMEN DE BALANCE DE METRADOS						
PROYECTO : Servicio de reparación de espesador de Ø54 m de diámetro en mina Cujajone		C34-IMC-SPC-BM-001 Rev: 0						
PERIODO : -								
AREA : Concentradora - CUAJONE								
Item	DESCRIPCIÓN	Contractual			SEGÚN METRADO REAL			% Cantidad
		Cantidad (Kg)	P.Unit. (\$)	Costo Total (\$)	Cantidad (Kg)	P.Unit. (\$)	Costo Total (\$)	
	CANTIDAD (Kg)	108,488.36		282,503.43	136,345.63		353,689.02	125.68%
	PRECOM (HH) Proyectado	1,800.00		36,468.16	3,240.00		65,642.68	180.00%
	COSTO DEL PROYECTO OBRA (SIN ADICIONALES) (\$)			364,524.73			464,413.26	127.40%
	TIEMPO ADICIONAL			70.00			89	
							19	Días

Nota: Resumen de balance de metrado. El metrado real fue de 136,345.63 kg, lo que impacto en 19 días adicionales para trabajos de montaje. Fuente: Elaboración propia

- Clima Adverso: Se implemente en el reporte diario las horas hombre (hh) en stand by por clima adverso tanto en el frente de construcción como en el frente de Pruebas

como se ve en la tabla 13, donde se muestra el impacto por día y el total de impacto en obras de 6 días hábiles. Este tiempo adicional y el costo fue reconocido por SPCC.

Tabla 13.Reporte de Paradas por Clima adverso y tormenta eléctrica.

Fecha	Motivo	Duracion	Horas Suspendidas	Construcción y PRECOM
11/01/2019	Neblina	13:00 - 16:00	3h	3
14/01/2019	Alerta Roja	13:30 - 14:30	1H	1
15/01/2019	Alerta Naranja	13:10 - 15:10	2h	2
16/01/2019	Alerta Naranja	12:10 - 13:30	1H 20min	1.25
	Alerta Naranja	14:25 - 15:30	1h	1
17/01/2019	Alerta Naranja	13:30 - 14:36	1h	1
18/01/2019	Alerta Naranja	14:10 - 15:10	1h	1
	Alerta Naranja	15:30 - 17:36	2h	2
19/01/2019	Alerta Naranja	11:30 - 13:00	1.5h	1.5
21/01/2019	Alerta Naranja	14:10 - 15:10	1h	1
	Alerta Naranja	14:10 - 17:15	2h	2
22/01/2019	Alerta Roja	13:30 - 14:30	1h	1
	Alerta Naranja	14:30 - 16:30	2h	2
23/01/2019	Alerta Roja	12:15 - 14:50	2h	2
	Granizado	11:00 - 11:30	0.5h	0.5
24/01/2019	Alerta Roja	13:10 - 13:40	0.5h	0.5
	Alerta Naranja	14:30 - 16:30	2h	2
25/01/2019	Alerta Naranja	12:15 - 15:21	3h	3
28/01/2019	Alerta Naranja	11:40 - 13:40	2h	2
29/01/2019	Neblina Densa	Todo el Día	-	
30/01/2019	Neblina Densa	Todo el Día	-	
31/01/2019	Alerta Naranja	12:40 - 13:40	1h	1
	Alerta Roja	14:30 - 15:00	0.5h	0.5
1/02/2019	Lluvia intensa	14:00-18:00	04h	4
4/02/2019	Alerta Roja y Alerta Naranja	14:00-18:00	02h	2
5/02/2019	Alerta Roja y Alerta Naranja	10:30-16:45	05h	5
6/02/2019	Alerta Roja y Alerta Naranja	12:18-15:31	05h	3
7/02/2019	Alerta Naranja Alerta Roja	14:01-15:54	02h	2
8/02/2019	Alerta Naranja Alerta Roja	14:25-15:56	0.5h	0.5
11/02/2019	Alerta Naranja Alerta Roja	13:23-14:45	1.5h	1.5
14/02/2019	Alerta Naranja Alerta Roja	13:21-14:17	1.0h	1
21/02/2019	Alerta Roja Alerta Naranja	13:01-14:37	1.5h	1.5
			SEMANA	4
			ACUMULADO	51.75
				6

Nota: Paro por riesgo eléctrico generado por tormenta eléctrica. Fuente: Elaboración propia.

- Falla en Fabricaciones: Se implemento un control de adicionales que se registraron en los reportes diarios de construcción. Este se resumió en la tabla 14, en esta tabla se detalla el registro de todas las actividades adicionales con un total de impacto en días, de lo cual SPCC evaluó y reconoció 8 días de los 16 indicados.

Tabla 14. Sustento de tiempo adicional por retrabajos por falla de fabricación y por trabajos adicionales.

	DESCRIPCIÓN DE PARTIDAS	Tiempo Estimado	Actividades Paralelo	Actividades Ruta Crítica	Tiempo Real
EDT	Nombre de tarea	Duración			Duración
0	Proyecto Electromecánico de Espesador de Relave N°5 TENOVA	58.5 días			58.5 días
1	Obras Preliminares	16 días			16 días
2	Construcción y Montaje	28.5 días			28.5 días
2.1	Inicio de trabajos	0 días			0 días
2.2	Montaje Estructuras Rastras	22.7 días			22.7 días
2.2.3	Instalacion de blades nuevos	10 días	10		20 días
2.2.4	Extencion de longitud en rastras	9 días			9 días
2.2.5	Reforzamiento de scrapers	4 días	4		8 días
2.2.6	Retoques de pintura	5 días	12		17 días
2.3	Montaje Electromecánico DRIVER	28.5 días			28.5 días
2.3.1	Desmontaje mecanico	7.5 días			7.5 días
2.3.2	Montaje de modificaciones	20 días			20 días
2.3.2.1	Instalacion de plancha inferior	3 días			3 días
2.3.2.2	Instalacion de vigas radiales	4 días		4	8 días
2.3.2.3	Instalacion de plancha superior	3 días		2	5 días
2.3.2.4	Instalacion filler plate	2 días		1.5	3.5 días
2.3.2.5	Instalacion de housing	2 días		3	5 días
2.4	MONTAJE DE ZUNCHOS	20.5 días			20.5 días
2.4.3	Reforzamiento de columna central existente	16 días			16 días
2.4.3.1	Instalacion de refuerzos	10 días		3.5	13.5 días
2.4.3.2	Soldeo de refuerzos	9 días			9 días
2.4.3.3	Retoques de pintura	3 días	1	1	4 días
			30		30 días
	Trabajos complementarios - Adicionales		45		
				0.5	
			102	15.5	

Nota: En la tabla se muestra los trabajos adicionales realizados en las partidas por fallas de fabricación.
Fuente: Elaboración propia.

5.5 Análisis

Como análisis final del proyecto desarrollado se presenta en la figura 103 las curvas “S” del proyecto, lo cual muestra el desarrollo real del proyecto (curva roja) en referencia a la curva planeada (Curva Azul). Se muestra una tercera curva de forecast o proyectado (Curva Verde). De la Figura 103 se hace el siguiente análisis:

CURVA DE AVANCE DE PROYECTO

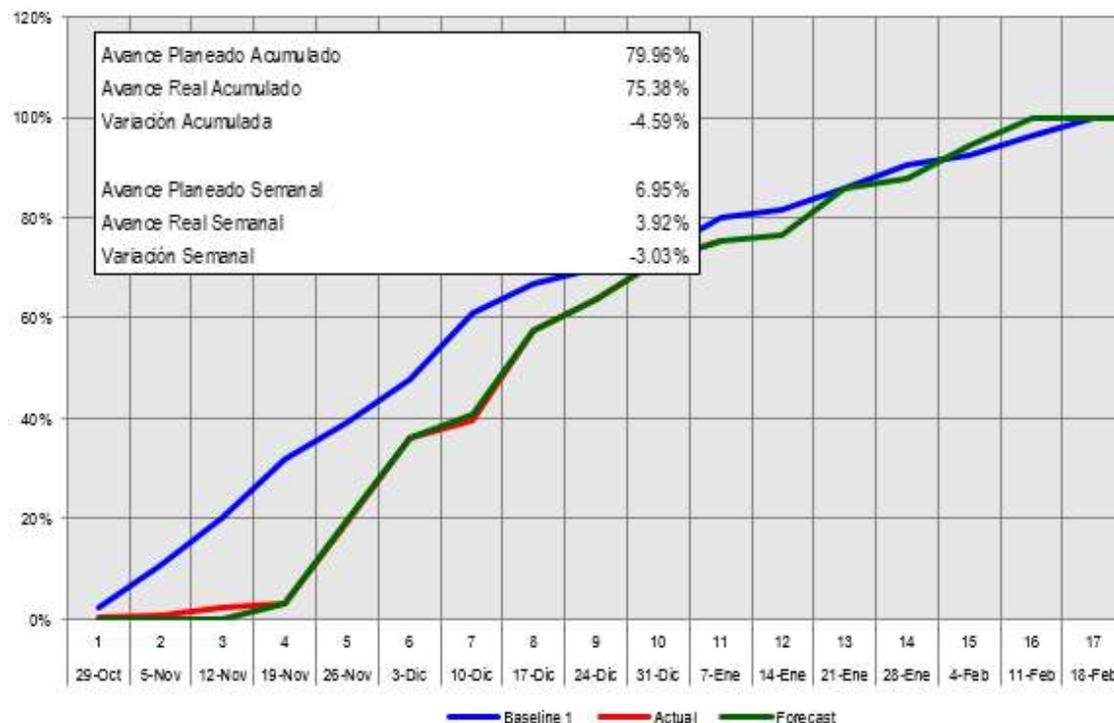


Figura 103. Desarrollo gráfico del proyecto "Curva S", como referencia se muestra la curva de la semana 11 con un PV= 79.96% y un EV= 75.38%. Fuente: Elaboración propia.

- El proyecto inicia en octubre del 2018 con un planteamiento agresivo considerando actividades en paralelo en el Drive, el Zuncho y las rastras. Por esta razón la curva planeada inicia con una pendiente elevada hasta la semana 04, con un porcentaje planeado (PV) de 36% hasta esa semana.
- En la semana 04 el cliente aprueba el replanteo del cronograma debido a las restricciones del proceso constructivo, ampliándose el pazo de 71 días hasta 145 días calendarios. En este momento el valor ganado o avance real (EV) era de 5%.
- Se implemento para recuperar el avance turno extendido hasta las 10:00 pm y horario de lunes a Domingo, con este plan en la semana 06 se logra un EV de 38% respecto a un PV de 45%.
- De la semana 06 a la semana 07 se producen fallas de fabricación que causan atraso, por eso se ve una línea de pendiente baja.

- De la semana 07 a la 08 se supera las fallas y se continua con el montaje lográndose un EV de 58% respecto a un PV de 65% y se continua con el mismo ritmo hasta la semana 13 alcanzado la curva, $PV = EV = 85 \%$.
- De la Sem. 13 a la 14 se presentan tormentas eléctricas en Cuajone que impactan en atraso con un EV = 86% y un PV = 87%
- En la semana 16 se termina la construcción, logrando finalizar el proyecto una semana antes del planeado.

5.6 Aporte del bachiller en la institución.

Como supervisor de Planeamiento y Control de proyectos, además de bachiller en ingeniería mecánica se menciona mis aportes más relevantes a IMCO SERVICIOS S.A.C:

- Sustento de Ampliación de tiempo: Como profesional en el área de planeamiento estoy seguro que si hay algo que no se puede recuperar, es el tiempo, por lo que hacer un buen sustento técnico sobre los impactos al plazo que son responsabilidad del cliente fue destacable ampliando el plazo desde 71 días calendarios hasta 145 días, esto implica en primera instancia evitar penalidades a la contrata por atrasos.
- Sustento técnico de adicionales: Se hizo el sustento técnico para los presupuestos adicionales que logro que el proyecto de un valor contractual de \$ 362,524.73 finalice con un valor de \$ 697,948.19. En la figura 104 se muestra que del valor presupuestado se generaron 02 balances de metrado (sustento técnico) y 04 instrucciones de obra (presupuestos adicionales) que hacen que el proyecto termine con un valor de casi el doble.
- Se consigue la confianza de IMCO y SPCC, y se me permite desarrollar la actividad de residente de obra en la etapa de pruebas del proyecto y para el cierre del mismo, esto es para IMCO tener un equipo humano calificado para futuros proyectos.



**"SERVICIO DE REPARACIÓN DEL ESPESADOR DE 54 METROS DE
DIAMETRO EN MINA CUAJONE"**

Presupuesto	Monto Contractual (\$)		Descripción	Estado
	(sin IGV)			
Presupuesto CONTRATO Nro. L8-C34-001 (Sin IGV)		364,524.73		
Orden de cambio 01		\$ 99,887.50		
Orden de cambio N°01 -OC-C34-IMCO-01	\$	99,887.50	Balance de Metrados	Aprobado
Orden de cambio 02		\$ 233,535.95		
C34-IMC-SPC-BM-002 Rev. 0. Balance de metrado N°02	\$	14,870.90	Personal PRECOM	Presentado
IO-C34-IMCO-001 Mejoras Inst. Electricas e Instrumentacion	\$	97,410.47	ADICIONAL 1	Aprobado
IO-C34-IMCO-002-Implementación de mejoras mecanicas en el Espesador R5	\$	51,352.93	ADICIONAL 2	Aprobado
IO-C34-IMCO-003-Trabajos Solitados por TENOVA	\$	69,901.65	ADICIONAL 3	Aprobado
Orden de cambio 03		\$ 50,000.00		
IO-C34-IMCO-004-Trabajos Banco Ducto y Puesta en marcha Espesador	\$	50,000.00	ADICIONAL 4	En Negociac
Total Presupuesto CONTRATO Nro. L8-C34-001 (Sin IGV)		\$747,948.18		

Figura 104. Resumen del desarrollo económico del proyecto. Desde el monto contractual hasta el valor final valorizado. Elaboración propia.

CONCLUSIONES.

1. Se realizó la reparación y reforzamiento del Espesador THK-54, dejando este equipo operativo para su servicio en la mina Cuajone, cumpliendo con todas las especificaciones técnicas requeridas por SPCC y TENOVA.
2. Se ejecutó el rediseño del nuevo espesador, realizando el reforzamiento en base a su nueva ingeniería de TENOVA según planos de construcción.
3. Se repararon los componentes que fallaron en las pruebas con carga del proyecto anterior, se reparó elementos de rastras largas, rastras cortas y Scarper.
4. Se reforzó los componentes principales del Espesador mediante soldadura de placas en columna principal, reforzamiento de Drive mediante placas de mayor espesor logrando una estructura más resistente a la torsión.
5. Se desmontó los equipos existentes y se montó nuevos equipos de mayor capacidad obteniendo mayor torque de operación.
6. Se realizó las pruebas de Precomisionamiento, Comisionamiento y Puesta en Marcha asegurando que el equipo quede operativo y listo para su servicio.

RECOMENDACIONES.

1. En proyectos de corta duración como este se debe hacer un cronograma de procura para asegurar que los suministros solicitados estén en obra antes de las fechas de uso para evitar retrasos y tiempo perdido en la instalación de estos equipos.
2. Se debe tener un equipo propio de detección de tormentas eléctricas para detectar de primera mano el tipo de alarma que se genera y no depender de la comunicación de SPCC.
3. Se debe implementar un plan de contingencia que indique la acción a tomar durante alerta de clima adverso o fallas de ingeniería para minimizar horas perdidas del personal.
4. Se debe analizar la importancia de un personal motivado y su impacto en la producción. Implementando técnicas modernas de habilidades blandas y valores.
5. Se debe hacer una mejor planificación de cortes de energía por el área de operaciones mina para hacer planes de contingencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 **ISSUU**. issuu.com. [En línea] 14 de Mayo de 2021. [Fecha de consulta: 02 de Julio de 2021.]. Disponible en:
https://issuu.com/imcoservicioss.a.c/docs/brochure_corporativo__imco_2021.
- 2 **RODRIGUEZ, A. BUTRAGUEÑO, J. y GRIMA, C.** Evolución de los equipos de decantación para esteriles de mina: Del espesador convencional al cono profundo para la producción de pasta. Santander : Disponible en: <http://oa.upm.es/29987/>, 2013.
- 3 **FUENZALIDA H. y HIDALGO N.** *ESTUDIO Y EVALUACIÓN DEL SISTEMA DE ESPESADORES DE RELAVE DE LA DIVISIÓN ANDINA MEDIANTE HERRAMIENTAS DE SIMULACIÓN COMPUTACIONAL*. Santiago de Chile : UNIVERSIDAD DE CHILE, 2017.
- 4 **DONAYRE,C. y JESUS M.** Espesamiento Concentrado de Cobre. *Criterios de gestión de mantenimiento de Plantas Concentradoras*. Lima : DG INGENIEROS S.A.C, 2021.
- 5 **METALIZACIONES INDUSTRIALES Y MARINAS**. metalizaciones.com. [En línea] 2015. [Fecha de consulta: 04 de Septiembre de 2021.] Disponible en:
<http://metalizaciones.com/plantasdetratamiento/espesador.html>.
- 6 **TÉCNOLOGÍA MINERA**. tecnologíaminera.com. [En línea] 2019. [Fecha de consulta: 04 de Septiembre de 2021] Disponible en :
<https://tecnologiaminera.com/imgPosts/1558798114UjzpCQH4.jpg>.

- 7 **AMERICAN WELDING SOCIETY.** *Código de Soldadura Estructural - acero D1.1/D1.1M.* Estados Unidos : Instituto Nacional Estadounidense de Normalización (ANSI), 2015.
- 8 **RODRIGUEZ, S. y TOLE, D.** *Estudio comparativo de soldadura mecanizada con procesos GMAW / FCAW o GTAW frente a procesos de soldadura manual en tubería de transporte de hidrocarburos.* Pereira, Colombia : Universidad Tecnológica de Pereira, Facultad de Ingeniería Mecánica, Especialización en Soldadura, 2017.
- 9 **OJEDA, R.** Soldadura SAW: Soldadura por arco sumergido.
Maquinadesoldar.online. [En línea] [Fecha de consulta: 04 de Septiembre de 2021.]
Disponible en: <https://www.maquinadesoldar.online/arco/arco-sumergido-saw>.
- 10 **ASTM INTERNACIONAL. ASTM E 165-2.** [ASTM] American Society Testin Material (ASTM). *Método de Ensayo Normalizado para El Examen de Liquidos Penetrantes.* Estados Unidos : ASTM Internacional, 2002.
- 11 **RICO, J.** *Backlash: Juego entre dientes de Engrane.* Guanajuato, Mexico : Departamento de Ingeniería Mecánica, Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato, 2014.
- 12 **PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE.** *Guía de los Fundamentos para la dirección de Proyectos (Guía del PMBOK).* Newtown Square, Pennsylvania 19073-3299 USA. : Project Management Institute, Inc 14 Campus Boulevard., 2008.
- 13 **GERENCIA DE PROYECTOS TOQUEPALA Y CUAJONE.** Planos de construcción de Espesador N°05 . *Reemplazo de Espesadores de Relaves 1, 2 y 3 - Estructuras.* Cuajene : Proyectos - Toquepala, 2017.

- 14 **TENOVA DELKOR.** Planos de Montaje Modificación Rastras. *CUAJONE EXPANSION PROJECT THICKNER THK 54*. Cuajone : s.n., 2018.
- 15 **MURILLO, J.** *Métodos de Investigación de enfoque Experimental*. Lima : Universidad Nacional de Educación Enrique Guzmán y Valle, 2018.
- 16 **DELKOR PERÚ.** *INSTRUCTIVO PARA MONTAJE DE DRIVE DE ESPESADOR DE CUAJONE*. Santiago de Chile : TAKRAF TENOVA, 2018.
- 17 **PROAÑO, V. et al.** Metodología para elaborar un plan de mejora continua. *Investigación y pensamiento crítico, Edición Especial, 50-56*. [En línea] [Fecha de consulta: 04 de Septiembre de 2021.] Valencia , España : Disponible en: <http://dx.doi.org/10.17993/3cemp.2017.especial.50-56>, 2017.

ANEXOS.

ANEXOS 1 Packing List del Proyecto.

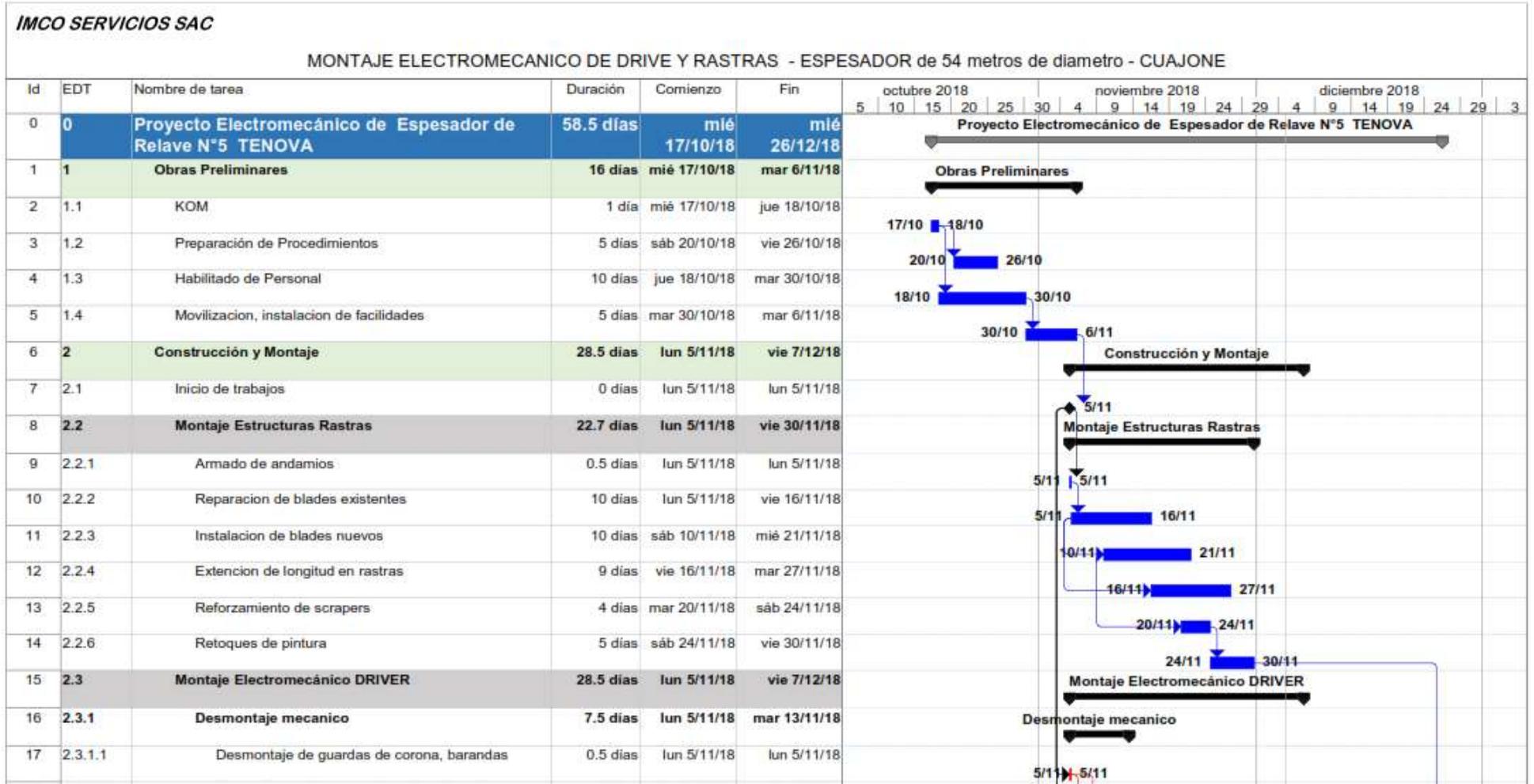
CLIENTE : SOUTHERN PERU COPPER CORPORATION SUCURSAL PERU MINERA CUAJONE		PROYECTO : REPLACING THICKENERS 1, 2 and 3-CUAJONES CONCENTRADOR		EQUIPO : <u>ESPESADOR THK 54</u>		PACKING LIST : <u>PL-M INDUSTRIAL N°001</u>	
CONTRATO N° : PRYC-P43-Z21-4100026910		REF. : 160W18-0313-P-17315		CODE DELIVERY : _____		PATENTE RAMPLA : <u>VBL-819 / VAT-976</u>	

N° EQUIPO	N° PARTE	N° DWG TCHI	Descripción	ITEM O.C.	N° BULTO	QTY Despachada	Kg TOTAL	MEDIDAS BULTO			N° Guia Despacho		Fecha Despacho		
								LARGO MTS	ANCHO MTS	ALTO MTS	PROV	TENOVA	Día	Mes	Año
THK54-1609	1909-CH01	1909-CH01	CILINDRO HIDRAULICO ROD 110 X BORE 190	111		1	825	1.20	1.20	0.40	0002-0051538	0001-003041	3	10	2018
THK54-1609	1909-CH02	1909-CH02	CILINDRO HIDRAULICO ROD 110 X BORE 190	111		1	825	1.20	1.20	0.40	0002-0051538	0001-003041	3	10	2018
THK54-1609	1909-CH03	1909-CH03	CILINDRO HIDRAULICO ROD 110 X BORE 190	111		1	825	1.20	1.20	0.40	0002-0051538	0001-003041	3	10	2018
THK54-1609	1909-CH04	1909-CH04	CILINDRO HIDRAULICO ROD 110 X BORE 190	109		1	825	1.20	1.20	0.40	0002-0051538	0001-003041	3	10	2018
THK54-1609	1909-CH05	1909-CH05	CILINDRO HIDRAULICO ROD 110 X BORE 190	109		1	825	1.20	1.20	0.40	0002-0051538	0001-003041	3	10	2018
THK54-1609	1909-CH06	1909-CH06	CILINDRO HIDRAULICO ROD 110 X BORE 190	109		1	825	1.20	1.20	0.40	0002-0051538	0001-003041	3	10	2018

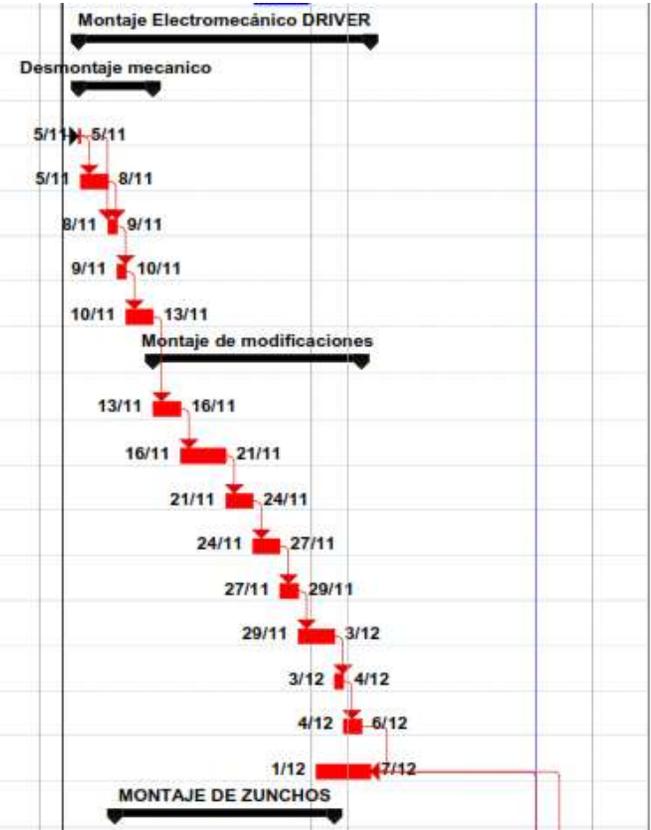
ENTREGAR EN: SUCURSAL DEL PERÚ, ALMACÉN CUAJONE, SIN VILLA BOTIFLACA, MARISCAL NIETO TORATA, MOQUEGUA, PERÚ. INGRESO DE TRANSPORTE NORMAL DE 9 AM A 5 PM TODOS LOS DÍAS, CARGA SOBREDIMENSION 12:00 a 5:00 AM (descarga se efectuara a partir de las 8:00am), TODOS LOS DÍAS. CONTACTOS MINERA CUAJONE: Jorge Gutierrez, Fono: 953611653 ; Gustavo Peñalosa, Fono: 8978	
---	---

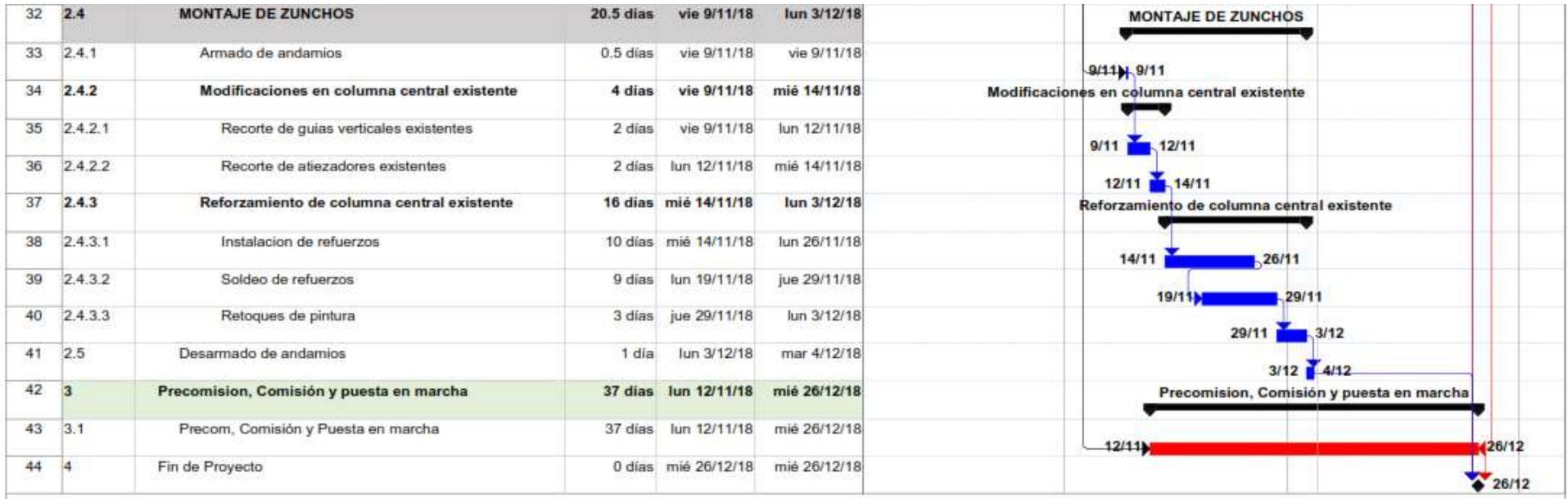
De acuerdo a lo dispuesto, la entrega de mercaderías o servicio(s) prestado(s) ha(n) sido recibido(s). Si en ocho días hábiles no se da a conocer algún faltante de este Packing List asociado a una Guia Despacho se da por aceptada la entrega de los elementos y/o piezas singularizados en este documento.	<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">Firma</td> <td style="text-align: center;"></td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">Nombre</td> <td style="text-align: center;">Victor Goznie Sosa</td> </tr> <tr> <td style="border-bottom: 1px solid black; text-align: center;">Proveedor</td> <td style="text-align: center;">TRANSGRU S.A.C.</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">Agente</td> </tr> </table>	Firma		Nombre	Victor Goznie Sosa	Proveedor	TRANSGRU S.A.C.		Agente
Firma									
Nombre	Victor Goznie Sosa								
Proveedor	TRANSGRU S.A.C.								
	Agente								

ANEXO 2: Cronograma del proyecto



15	2.3	Montaje Electromecánico DRIVER	28.5 días	lun 5/11/18	vie 7/12/18
16	2.3.1	Desmontaje mecanico	7.5 días	lun 5/11/18	mar 13/11/18
17	2.3.1.1	Desmontaje de guardas de corona, barandas	0.5 días	lun 5/11/18	lun 5/11/18
18	2.3.1.2	Desm. De motores, soportes, housing, piñones	3 días	lun 5/11/18	jue 8/11/18
19	2.3.1.3	Desacoplado de corona a drive	1 día	jue 8/11/18	vie 9/11/18
20	2.3.1.4	Levantamiento de drive	1 día	vie 9/11/18	sáb 10/11/18
21	2.3.1.5	Desmontaje de sistema de lubricacion	2 días	sáb 10/11/18	mar 13/11/18
22	2.3.2	Montaje de modificaciones	20 días	mar 13/11/18	jue 6/12/18
23	2.3.2.1	Instalacion de plancha inferior	3 días	mar 13/11/18	vie 16/11/18
24	2.3.2.2	Instalacion de vigas radiales	4 días	vie 16/11/18	mié 21/11/18
25	2.3.2.3	Instalacion de plancha superior	3 días	mié 21/11/18	sáb 24/11/18
26	2.3.2.4	Instalacion filler plate	2 días	sáb 24/11/18	mar 27/11/18
27	2.3.2.5	Instalacion de housing	2 días	mar 27/11/18	jue 29/11/18
28	2.3.2.6	Instalacion de guias	3 días	jue 29/11/18	lun 3/12/18
29	2.3.2.7	Retiro de soportes temporales	1 día	lun 3/12/18	mar 4/12/18
30	2.3.2.8	Instalacion de cilindros y sistema hidraulico	2 días	mar 4/12/18	jue 6/12/18
31	2.3.3	Retoques de pintura	5 días	sáb 1/12/18	vie 7/12/18
32	2.4	MONTAJE DE ZUNCHOS	20.5 días	vie 9/11/18	lun 3/12/18

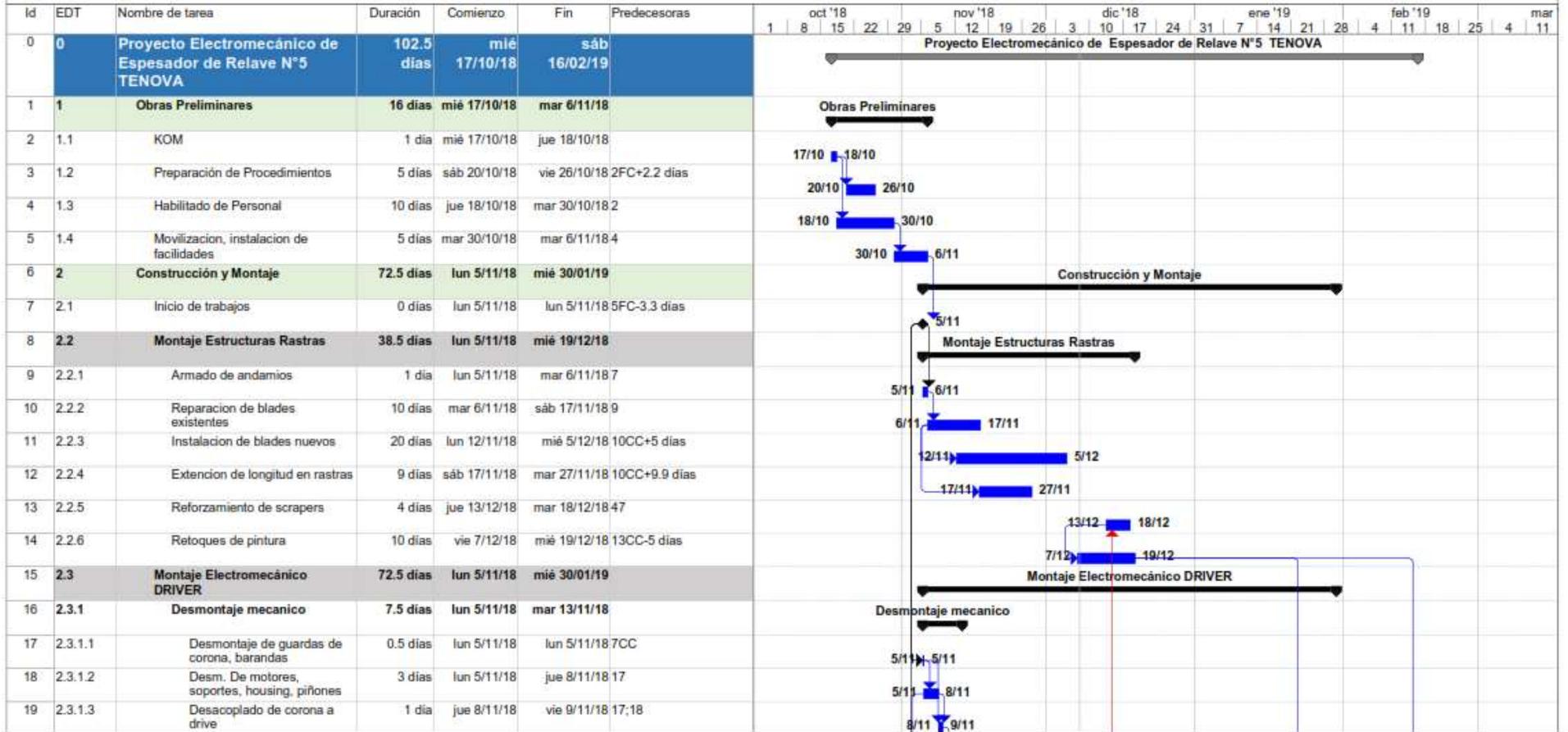


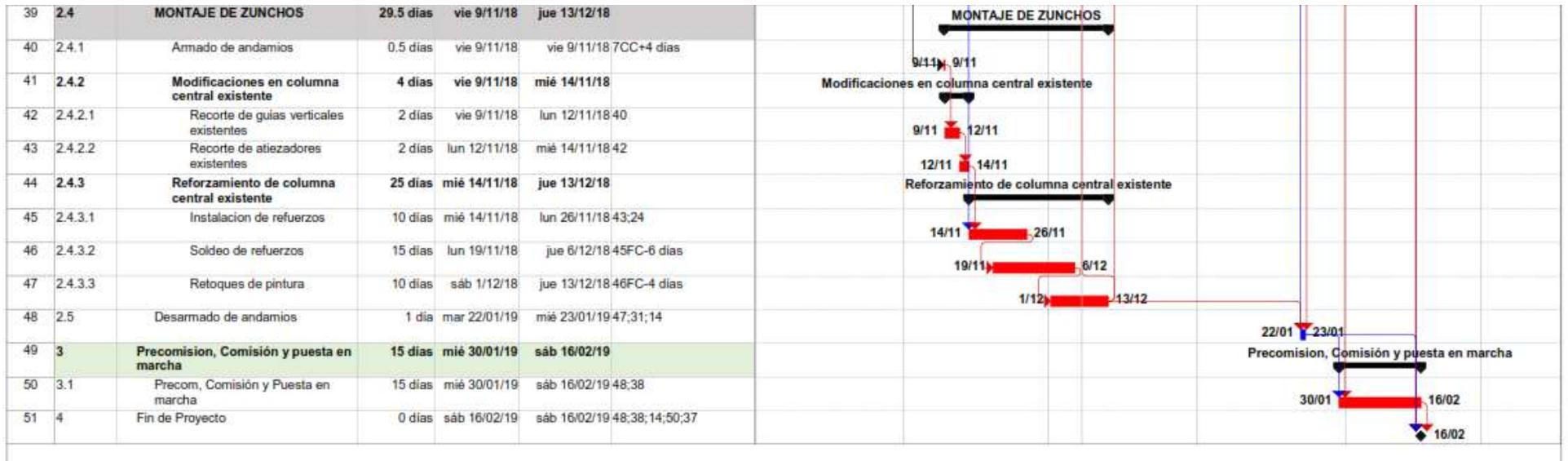


Cronograma línea base cero del proyecto.

IMCO SERVICIOS SAC

MONTAJE ELECTROMECHANICO DE DRIVE Y RASTRAS - ESPESADOR de 54 metros de diametro - CUAJONE





Cronograma final de obra.



REPORTE DIARIO DEL CONTRATISTA



Nombre del Proyecto:	REPARACIÓN, REFORZAMIENTO, MEJORAS Y PUESTA EN MARCHA DEL ESPESADOR DE RELAVES N°5 SUMINISTRADO POR TENOVA - CUAJONE		
N° de contrato:	L8-C34-001	Contratista:	IMCO SERVICIOS S.A.C
N° de proyecto:	223165	Número de Presupuesto:	075-050-18
Fecha:	29/12/20182	Horario de trabajo:	Labor Directa Turno: 6:00 - 14:00; Día Hrs: 08
Dueño de Contrato:	Ing. Julio Corrales	Número de Registro:	C34-IMC-SPC-DR-047

Panel de fotografías



Armado y apuntado de Vigas radiales y atezadores



Soldeo de Vigas plancha inferior.

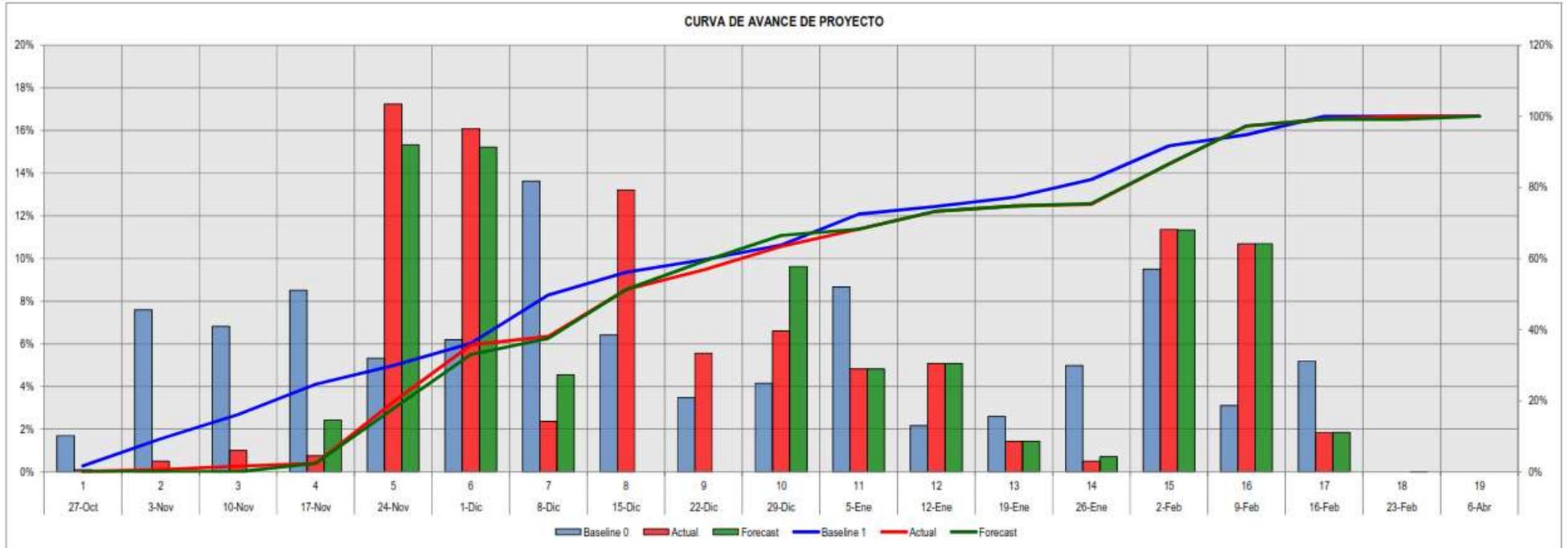


Alineamiento de Guías GV1



Alineamiento de Guías GV1

Anexo 4: Curva S detallada del proyecto

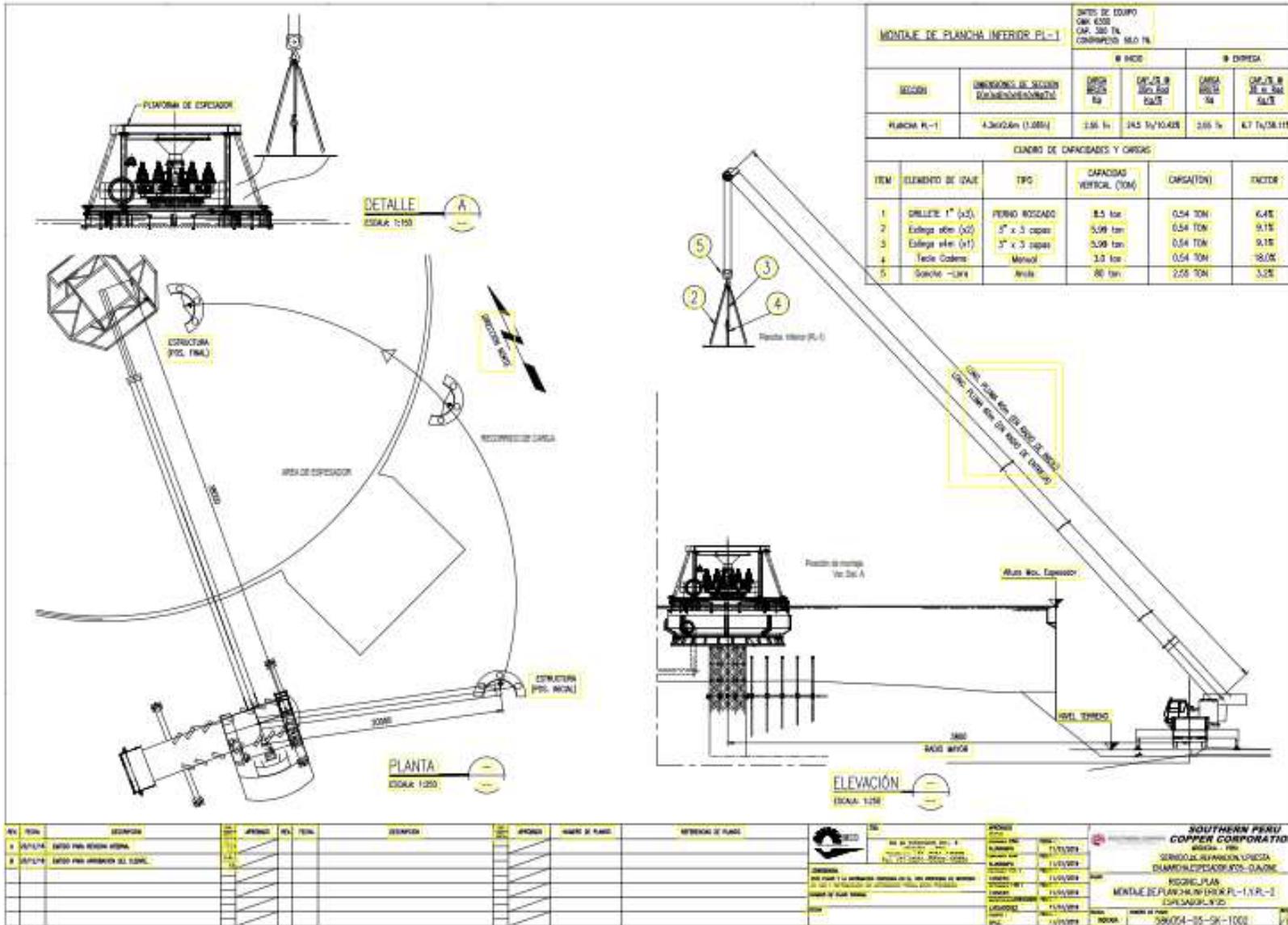


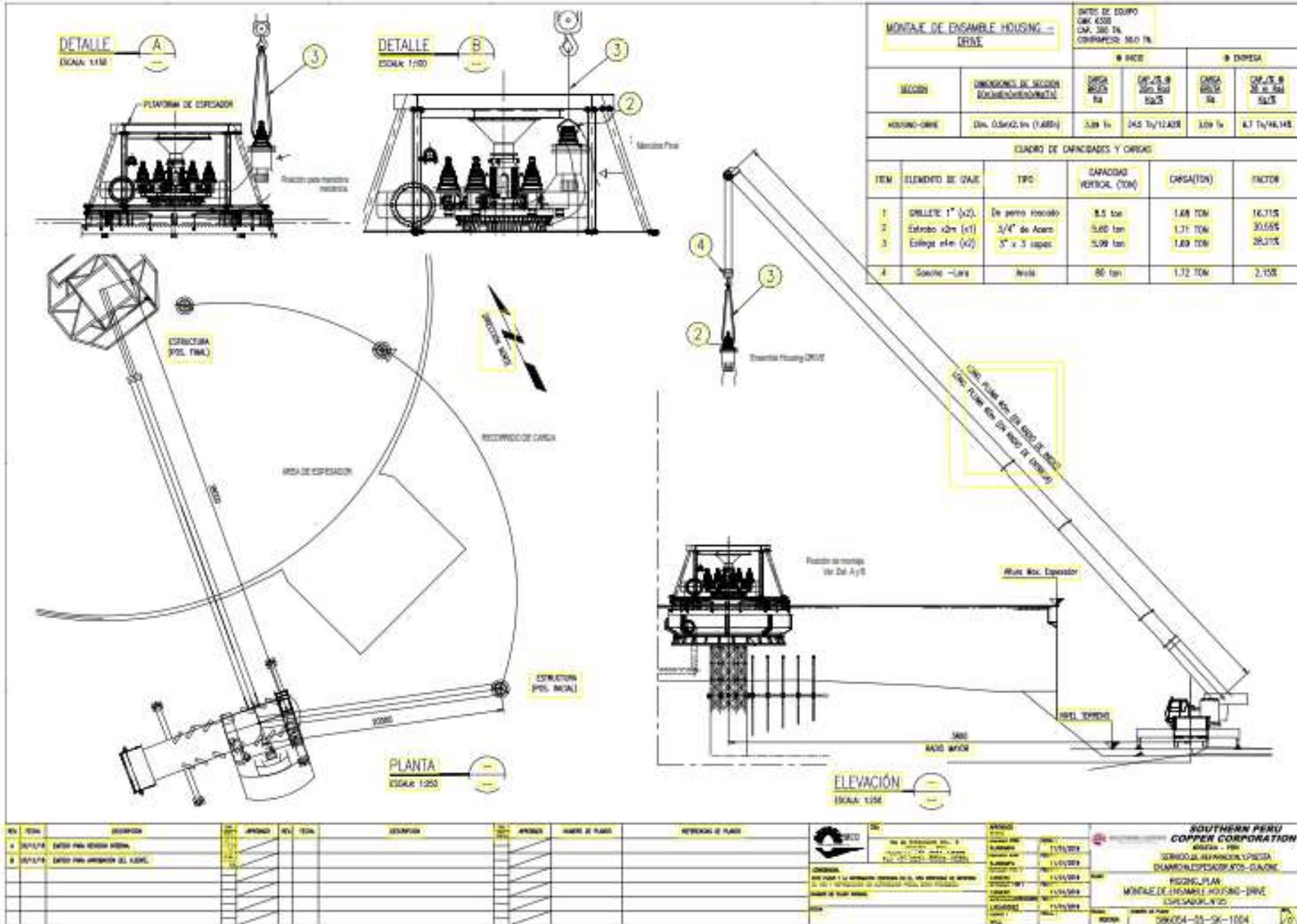
Anexo 5: Formatos de reporte semanal de IMCO para SPCC.

		Lookahead Semanal 011 REPARACION, REFORZAMIENTO, MEJORAS Y PUESTA EN MARCHA DEL ESPESADOR DE RELAVES N°5 SUMINISTRADO POR TENOVA - CUAJONE																							
Fecha de emisión: 28/01/2019																						Codigo: C34-IMC-SPC-TW-011 R.0			
EDT	Descripción	Fecha		Semana 5 (2019)							Semana 6							Semana 7							Restricciones
		F. Final Baseline	F. Final Three W.	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	D	L	M	M	J	V	S	
				27-1	28-1	29-1	30-1	31-1	1-2	2-2	3-2	4-2	5-2	6-2	7-2	8-2	9-2	10-2	11-2	12-2	13-2	14-2	15-2	16-2	
2	Construcción y Montaje																								
2.2	Montaje Estructuras Rastras																								
2.2.5	Reforzamiento de scrapers	18-12	6-2										8	8											Despues de trabajo de DRIVE
2.2.6	Retoques de pintura	19-12	8-2												4	2									Despues de trabajo de Scraper
Adic	Repintado de Blades a color negro		30-1	4	4	4																			Trabajo ADICIONAL
2.3	Montaje Electromecánico DRIVER																								
2.3.1	Desmontaje mecanico																								
2.3.1.1	Desmontaje de guardas de corona, barandas		OK																						
2.3.1.2	Inspección por procedimientos de trabajo seguro		OK																						
2.3.1.3	Desm. De motores, soportes, housing, piñones		OK																						
2.3.1.4	Preparación de maniobra de izaje de Drive		OK																						
2.3.1.5	Retiro de corona con el adapter plate		OK																						
2.3.1.6	Separación y liberación de corona a drive		OK																						
2.3.1.7	Levantamiento de drive		OK																						
2.3.1.8	Desmontaje de sistema de lubricacion		OK																						
2.3.1.9	Desmontaje de Sistema Hidraulico		OK																						
2.4	MONTAJE DE ZUNCHOS																								
2.4.1	Armado de andamios (Instalación de plataforma)		OK																						
2.4.2	Modificaciones en columna central existente																								
2.4.2.1	Recorte de guias verticales existentes		OK																						
2.4.2.2	Recorte de atiezadores existentes		OK																						
2.4.3	Reforzamiento de columna central existente																								
2.4.3.1	Instalacion de refuerzos		OK																						
2.4.3.2	Soldeo de refuerzos		OK																						
2.4.3.3	Retoques de pintura	13-12	6-2										2												Aplazo por trabajos adicionales previos
2.5	Desarmado de andamios y linea de anclaje	23-1	7-2										6	6											Aplazo por trabajos adicionales previos
Total Manpower (Personal involucrado de forma directa)				0	22	22	20	16	12	19	0	16	35	33	22	16	16	0	12	8	8	8	8	10	

Página 1

Anexo 6: Planes de izaje.





Anexo 7: Cronograma Valorizado

ITEM	EDT (Interno)	DESCRIPCION DE PARTIDAS	UNID	Metrado	P.U.	Subtotal	HH (Interno)	15-Noviembre	%	30-Noviembre	%	15-Diciembre	%	31-Diciembre	%
1		PARTIDAS GENERALES A SUMA ALZADA													
1.1		Instalación de Fierros													
1.1.1	1.4	Abolición	gr	1.00	5005.55	5,005.55	72.00	5,005.55	100%						
1.1.2	1.4	Instalación de Fierros	gr	1.00	3094.07	3,394.07	128.00	3,394.07	100%						
1.1.3	1.4	Mantenimiento Instalación de Fierros	gr	1.00	7338.03	7,338.03	400.00	7,338.03	100%						
1.1.4	4	Desmovilización	gr	1.00	4179.87	4,179.87	80.00							4,179.87	
2		PARTIDAS EPC													
2.1		CONSTRUCCIÓN Y MONTAJE													
2.1.1		MONTAJE ESTRUCTURAS RASTRAS													
		Intervención de bloques, scrapers y habilitado				0.00									
2.1.1.1	2.2.1 - 2.2.3	Bloques reforzados armado	sq	30.80	2.88	87.83	4.12	89.04	100%	8.78	10%				
2.1.1.2	2.2.2	Bloques reforzados soldadura	sq	30.80	1.82	56.87	4.89	60.19	100%	8.69	10%				
2.1.1.3	2.2.3	Bloques nuevos armado	sq	9,000.00	2.27	22,451.30	880.11	22,451.30	100%						
2.1.1.4	2.2.3	Bloques nuevos soldadura	sq	9,000.00	2.88	29,290.77	1,120.88			29,290.77	100%				
2.1.1.5	2.2.4	Extensión de rastro armado	sq	141.70	2.34	331.59	12.60			331.59	100%				
2.1.1.6	2.2.4	Extensión de rastro soldadura	sq	142.00	2.88	409.47	16.07			409.47	100%				
2.1.1.7	2.2.5	Armado de Cona Scrapper, soporte Scrapper	sq	945.00	2.28	2,157.27	84.01			2,157.27	100%				
2.1.1.8	2.2.5	Soldadura de Cona Scrapper, soporte Scrapper	sq	945.00	3.00	3,405.82	120.82			3,405.82	100%				
2.1.1.9	2.2.8	Touch up	gr	1.00	1,258.98	1,258.98	52.80			1,258.98	100%				
2.2.2		MONTAJE ELECTROMECANICO DRIVE													
2.2.2.1	2.3.1.1	Desarme de Drive	sq	10,000.00	2.51	25,081.06	1,002.00	25,081.06	100%						
2.2.2.2	1.3.1.3 - 1.3.1.2	Desmontaje corona, fabricación de soportes y meriobras	sq	15,000.00	2.69	40,324.93	1,731.00	40,324.93	100%						
2.2.2.3	2.3.2.6	Soldadura de guía extensión columna	sq	200.00	2.88	576.71	22.84			576.71	100%				
2.2.2.4	2.3.2.6	Instalación y ajuste Placa de refuerzo	sq	300.00	2.28	684.85	26.87			684.85	100%				
2.2.2.5	2.3.2.6	Soldadura Placa de refuerzo	sq	300.00	2.88	865.07	33.96			865.07	100%				
2.2.2.6	2.3.2.4	Nivelación de Drive	gr	1.00	3113.79	3,113.79	62.40				100%				
2.2.2.7	2.3.2.1	Instalación, ajuste y emparrado Placa inferior	sq	1,894.00	2.28	4,323.67	188.38	4,323.67	100%						
2.2.2.8	2.3.2.1	Soldadura Placa inferior	sq	1,894.00	2.88	5,461.48	214.40			5,461.48	100%				
2.2.2.9	2.3.2.2	Instalación Vigas radiales	sq	1,142.65	2.34	2,677.12	101.58					2,677.12	100%		
2.2.2.10	2.3.2.2	Soldadura Vigas radiales	sq	1,142.65	2.88	3,294.91	129.35			3,294.91	100%				
2.2.2.11	2.3.2.3	Instalación Placa superior y perf. sobre top flg.	sq	3,574.15	2.28	8,150.17	317.74			8,150.17	100%				
2.2.2.12	2.3.2.3	Soldadura Placa superior y perf. sobre top flg.	sq	3,574.15	3.60	12,862.89	495.70			12,862.89	100%				
2.2.2.13	2.3.2.4	Instalación, emparrado y torque Corona en Drive	sq	100.00	2.51	250.81	10.10			250.81	100%				
2.2.2.14	2.3.2.5	Instalación Gearbox housing	sq	1,500.00	2.51	3,762.18	151.50			3,762.18	100%				100%
2.2.2.15	2.3.2.5	Alineamiento Gearbox housing	sq	1,500.00	1.88	2,838.51	88.80			2,838.51	100%				100%
2.2.2.16	2.3.2.5	Soldadura de Gearbox housing	sq	1,500.00	2.88	4,325.36	169.60			4,325.36	100%				100%
2.2.2.17	2.3.2.6	Instalación, emparrado y torque de Planchas de deslizar	sq	500.00	2.51	1,254.08	50.50					1,254.08	100%		
2.2.2.18	2.3.2.6	Instalación y soldadura Guías móviles	sq	200.00	2.88	576.71	22.84					576.71	100%		
2.2.2.19	2.3.2.8	Instalación Cilindros, apriete de pernos	sq	1,500.00	2.51	3,762.18	151.50					3,762.18	100%		
2.2.2.20	2.3.2.8	Reubicación e instalación Spools hidráulicos sobre drive y	sq	100.00	2.51	250.81	10.10					250.81	100%		
2.2.2.21	2.3.2.4	Emparrado Torque Cage a corona de drive	sq	100.00	2.51	250.81	10.10			250.81	100%				
2.2.2.22	2.3.2.7	Puesta de gra. instalación dinámica-estática, verificación de	gr	1.00	5,709.87	5,709.87	86.00					5,709.87	100%		
2.2.2.24	2.3.2.4	Protección de Coronas y adapatador de barandas	sq	100.00	3.57	357.44	10.50			357.44	100%				
2.2.2.25	2.3.2.9	Touch up y pintura final	gr	1.00	2,700.87	2,700.87	52.80					2,700.87	100%		
2.2.3		MONTAJE DE JUNCHO													
2.2.3.1	2.4.1 - 2.4.2.1	Lavado drive	sq	12,000.00	2.48	29,736.82	1,202.40	29,736.82	100%						
2.2.3.2	2.4.1 - 2.4.2.1	Preparación de Columna	gr	1.00	5,040.50	5,040.50	76.80	5,040.50	100%						
2.2.3.3	2.4.2.2	Presentación de piezas	sq	228.00	3.75	848.55	23.73			848.55	100%				100%
2.2.3.4	2.4.2.2	Pirchado de piezas	sq	228.00	3.88	862.86	24.86			862.86	100%				100%
2.2.3.5	2.4.2.2	Bajar drive para asegurar que no exista interferencia	sq	12,000.00	2.31	27,754.37	1,116.40	27,754.37	100%						100%
2.2.3.6	2.4.3.1	Subir drive	sq	12,000.00	2.75	32,980.84	1,367.20					32,980.84	100%		20%
2.2.3.7	2.4.3.1	comensar a soldar según planos de montaje	gr	1.00	2,443.23	2,443.23	124.80					2,443.23	100%		100%
2.2.3.8	2.4.3.1	Protocoalización	gr	1.00	3,626.09	3,626.09	1.00					3,626.09	100%		100%
2.2.3.9	2.4.3.1	Instalación Refuerzo de Juncho	sq	1,933.23	2.34	4,525.37	171.86			4,525.37	100%				100%
2.2.3.10	2.4.3.2	Soldadura Refuerzo de Juncho	sq	1,933.23	2.88	5,574.61	218.84			5,574.61	100%				100%
2.2.3.11	2.4.3.3 - 2.5	Touch up y pintura final	gr	1.00	1,739.26	1,739.26	73.33					1,739.26	100%		
2.2.4		PRUEBAS, PUESTA EN SERVICIO Y CAPACITACIÓN PERSONAL SPCC													
2.2.4.1	3.1	Personal Operario Mecánico	hh	720.00	20.26	14,587.26	884.00	295,539.22	10%	29,583.92	70%	26,687.75	15%	3,103.16	5%
2.2.4.2	3.1	Personal Operario Instrumentista	hh	720.00	20.26	14,587.26	884.00	295,539.22	10%	29,583.92	70%	26,687.75	15%	3,103.16	5%
2.2.4.3	3.1	Personal Operario Electricista	hh	390.00	20.26	7,903.63	432.00	147,789.61	10%	14,778.98	70%	16,343.87	15%	1,551.58	5%

Anexo 8: Punch list del proyecto

 <p style="text-align: center;">PUNCH LIST PROYECTO: SERVICIO DE REPARACION DEL ESPESADOR DE Ø54 MT EN CUAJONE</p>											
DESCRIPCION DEL TALLER: REPARACION DEL LAVADO Nº 10 CAP. 3200 LBS						Nº DE TALLER: 060 T1-01			FECHA: 02/03/19		
VALORES: RUC:						SISTEMA Y ACTIVIDAD: Concentradora Cusqueña Espesador de sulfato					
CONTRATISTA/CONTRATO: IMC/S01/2018-01/24 001						MINISTERIO: 2000					
PLANO DE REFERENCIA:						AREA: Espesadores Sulfato			PAGINA 1 DE 2		
ITEM	TAG/RESPONSABLE	UNID. DE MEDIDA	COMENTARIOS Y DESCRIPCION DEL ITEM DEL PUNCH LIST	PLAZO DEL PUNTO	CATEGORIA	RESPONSABLE	FECHA DE CORRECCION	LEVANTADO		VERIFICADO	
								DIAS	FECHA	DIAS	FECHA
1	Tablero de control MCCB2 motores PP-01-04	Electrica	Completar el tapado de cables electricos y cable UTP	A. Salinas	C	Gerardo Arco	8/3/2019	VA	M. DIEGO	20/3/19	
2	Tablero de control MCCB2 motores PP-01-04	Electrica	Tapado de cables	C. Rodriguez	C	Gerardo Arco	8/3/2019		M. DIEGO	20/3/19	
3	Tablero de control MCCB2-H Ventiladores	Electrica	Tapado de cables	C. Rodriguez	C	Gerardo Arco	8/3/2019		M. DIEGO	20/3/19	
4	Motores bombas PP-01-04	Electrica	Completar pernos en capo de tornos	C. Rodriguez	A	Gerardo Arco	7/3/2019		M. DIEGO	13/03/19	
5	Motores bombas PP-01-04	Electrica	Tapado en cables de accionamiento de las bombas	C. Rodriguez	C	IPCC					
6	RV-30H-42" 401-08/310-42" 425-05	Mecanica	Instalar tornos para cambio de Valvulas de succión 42"	J. Corales	C	Jose Rivero	8/3/2019		J. Longoria	11/04/19	6/04/19
7	Linea de limpieza como repuesto	Mecanica	Instalar plataforma de acceso a linea de limpieza para a válvula succión 42"	J. Corales	C	Claudio Torres	8/3/2019		J. Longoria	22/03/19	
8	Bombas PP-01-02	Mecanica	Instalar plataforma de acceso a valvulas de drenaje	J. Corales	C	Claudio Torres	8/3/2019		J. Longoria	13/03/19	
9	Bombas PP-01-04	Mecanica	Instalar plataforma de acceso a valvulas de drenaje	J. Corales	C	Claudio Torres	8/3/2019		J. Longoria	13/03/19	
10	Bombas PP-01-04	Mecanica	Instalar tornos de guardas de seguridad en motores bombas	J. Corales	C	Claudio Torres	7/3/2019		J. Longoria	20/03/19	
11	Bombas bombas PP-01-04	Mecanica	Instalar tornos de drenaje y limpieza	J. Corales	C	Claudio Torres	7/3/2019		J. Longoria	13/03/19	
12	Bombas bombas PP-01	Mecanica	Instalar plataforma de acceso a linea de limpieza	J. Corales	C	Claudio Torres	12/3/2019		J. Longoria	13/03/19	
13	Bombas bombas PP-01	Electrica	Tap pernos de emergencia	A. Salinas	C	Gerardo Arco	7/3/2019		M. DIEGO		
14	Drenajes de acceso	Mecanica	Limpieza y mantenimiento de pernos de accionamiento	C. Rivero	C	IPCC		N.A	J. Longoria	13.03.19	
15	Sistema hidraulico y lubricacion dios	Mecanica	Revisar cilindros de gases y modo lubricacion	A. Salinas	B	Claudio Torres	8/3/2019		J. Longoria	13.03.19	
16	Plataforma de acceso a dios	Mecanica	Revisar de pintura en bombas y sig	J. Corales	B	Claudio Torres	7/3/2019		J. Longoria	13.03.19	
17	Guardas de seguridad dios	Mecanica	Modificacion de tornos de seguridad de dios	J. Corales	B	Claudio Torres	8/3/2019		J. Longoria	13.03.19	

Supervisor de CC Por: Norio Janampa Ozaita
 Gerente de AC Por: Nailea J. Herrera Hancoco

Fecha: 11-04-2019
 Fecha: 11-04-2019



Nailea J. Herrera Hancoco
 SUP. CONTROL DE CALIDAD



PUNCLIST

PROYECTO: SERVICIO DE REPARACION DEL ESPESADOR DE Ø54MT EN CUAJONE

DESCRIPCION DEL TALL. IMPRESOR DE SELLOS 360 DI-40-CAP-200.000		N° DE TALL 360-01-05			
CLIENTE: MFC		ORDEN/FACILIDAD: Casapalca Campes Cooperador de cobre		PRIMA: 00000	
FORMA DE CONTRATACION: MFC (MFC) 16-034-00		SOLICITANTE: MFC			
PLANO DE REFERENCIA:		AREA: Reparatrices Pabellon		FOLIO: 1 DE 1	

ITEM	CATEGORIA/UNIDAD	DISCIPLINA	COMENTARIOS Y OBSERVACION DEL ITEM DEL PUNCLIST	PLANTEADO POR	CATEGORIA	RESPONSABLE	FECHA DE COMIENZO	LEVANTADO		VERIFICADO	
								PIB	FECHA	PIB	FECHA
18	Tablero de lubricacion	Mecanica	Limpieza de juntas en tablero de lubricacion de drive	C. Rodriguez	B	Claudio Torres	6/3/2019		J. Longone	[Signature]	13/03/19
19	Sistema hidraulico	Mecanica	Alinea y acomoda mangaras hidraulicas entre drive y rack	C. Roman	B	Claudio Torres	6/3/2019		J. Longone	[Signature]	13/03/19
20	Estructura del drive	Mecanica	Limpieza de grasas/aceites en caso y tornavento de juntas	J. Corales	B	Claudio Torres	7/3/2019		J. Longone	[Signature]	13/03/19
21	Estructura del drive	Mecanica	Limpieza general de roscas y partes asociadas en plataforma del drive	C. Roman	B	Claudio Torres	7/3/2019		J. Longone	[Signature]	13/03/19
22	Estructura del drive	Mecanica	Modificacion de aberturas en 06 costuras de estructura de lubricacion de pilonas	C. Roman	A	Claudio Torres	7/3/2019		J. Longone	[Signature]	20/03/19
23	Tablero control de instrumentacion	Mecanica	Revisado con partes faltantes en tablero control de drive	C. Rodriguez	A	Gerardo Arias	7/3/2019		M. ALBERTO	[Signature]	24/03/19
24	Tablero de tensiona HPU	Instrumentacion	Colocar pernos tablero en tablero de drive	C. Rodriguez	C	Gerardo Arias	6/3/2019		M. ALBERTO	[Signature]	25/03/19
25	Tablero de tensiona HPU	Instrumentacion	Colocar tag en tablero de drive	C. Rodriguez	C	Gerardo Arias	6/3/2019		M. ALBERTO	[Signature]	15/03/19
26	Sistema de lubricacion drive	Instrumentacion	Cambiar con los plastico por estructura metalica	C. Rodriguez	A	Gerardo Arias	7/3/2019		M. ALBERTO	[Signature]	15/03/19
27	Linea de gases para motor y pilon drive	Instrumentacion	Instalar base con sistema	C. Roman	C	Clara Rivera	6/3/2019		J. Longone	[Signature]	13/03/19
28	Tala electrica espesador 380-731-05	Electrica	Elctrica IT seleccion en SC de MCC71C	M. Alegre	A	Gerardo Arias	14/3/2019		M. ALBERTO	[Signature]	13/02/19
29	Tala electrica espesador 380-731-05	Electrica	Cableado en SC de MCC71C	M. Alegre	A	Gerardo Arias	14/3/2019		M. ALBERTO	[Signature]	13/03/19
30	Tala electrica espesador 380-731-05	Electrica	Reemplazo selectivo de 3 paradas a 2 paradas en variadores de frecuencia de P1-01-0104	M. Alegre	A	Gerardo Arias	14/3/2019		M. ALBERTO	[Signature]	19/3/19
31	Tala electrica espesador 380-731-05	Electrica	Independizar y cableado en paradas de operacion de variadores de frecuencia de P1-01-0104	M. Alegre	A	Gerardo Arias	14/3/2019		M. ALBERTO	[Signature]	19/3/19
32	Tala electrica espesador 380-731-05	Electrica	Reconstruccion de piso con juntas antideclicacion	M. Alegre	C	Gerardo Arias	15/3/2019		M. ALBERTO	[Signature]	29/3/19
33	Tala electrica espesador 380-731-05	Electrica	Instalar espesador para accionamiento de transiciones de instrumentacion	M. Alegre	D	Gerardo Arias	14/3/2019		M. ALBERTO	[Signature]	29/3/19
34	Tala electrica espesador 380-731-05	Electrica	Revisar y que funcione correctamente	M. Alegre	C	Gerardo Arias	14/3/2019		M. ALBERTO	[Signature]	29/3/19

NOTA: CATEGORIA: A= Respuesta por el Contratista; B= Respuesta por el Cliente; C= No respuesta por el Cliente

Inspeccion de CC Por: Nerlio Janampa Ozaita

Revisar de AC Por: Natelia J. Herrera Hanco

Fecha: 11-04-2011

Fecha: 11-09-2019



Natelia Herrera Hanco
SUP. CONTROL DE CALIDAD



Nerlio Janampa Ozaita
PLANNER

Anexo 9: WPS del proyecto.

	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) (According with AWS D1.1 Structural Welding Code-Steel)	
---	---	---

WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) Yes
 PREQUALIFIED X QUALIFIED BY TESTING _____
 or PROCEDURE QUALIFICATION RECORDS (PQR) Yes

Company Name IMCO SERVICIOS SAC
 Welding Process(es) FCAW
 Supporting PQR No.(s) PREQUALIFIED

Identification # IMCO IS-090403-17
 Revision 00 Date 04/09/2017 By A. TURPO
 Authorized by M. CABANILLAS C. Date 04/09/2017
 Type--Manual _____ Semi-Automatic X
 Machine _____ Automatic _____

JOINT DESIGN USED

Type: Butt Joint
 Single _____ Double Weld X
 Backing: Yes _____ No X
 Backing Material: _____
 Root Opening 0-5 mm Root Face Dimension 0-5 mm
 Groove Angle: 60 - 70 ° Radius (J-U) N.A.
 Back Gouging: Yes X No _____ Method Mechanical
 Joint Designation: B-U3-GF

POSITION

Position of Groove: All Flat N.A.
 Vertical Progression: Up X Down N.A.

ELECTRICAL CHARACTERISTICS

Transfer Mode (FCAW) Short-Circuiting N.A.
 Globular X Spray N.A.
 Current: AC _____ DCEP X DCEN _____ Pulsed _____
 Other _____ N.A.
 Tungsten Electrode (GTAW)
 Size _____ N.A.
 Type: _____ N.A.

BASE METALS

Material Spec. ASTM A36 (Note 1)
 Type or Grade N.A.
 Thickness: Groove 20 mm to 89 mm Fillet N.A.
 Diameter (Pipe) N.A.

TECHNIQUE

Stringer or Weave Bead: Either
 Multi-pass or Single Pass (per side) Multi-pass
 Number of Electrodes 1
 Electrode Spacing _____
 Longitudinal _____ N.A.
 Lateral _____ N.A.
 Angle _____ N.A.
 Contact Tube to Work Distance 10 - 15mm
 Peening _____ N.A.
 Interpass Cleaning Mechanical
 Maximum Root Pass Thickness F-10; H, OH-8; V-12 mm
 Maximum Fill Pass Thickness 8 mm

FILLER METALS

AWS Specification A5.20
 AWS Classification E71T-1

SHIELDING

Flux N.A. Gas CO2
 Composition 100%
 Electrode-Flux (Class) N.A. Flow Rate 18-25 lit/min
 Gas Cup Size N.A.

PREHEAT

Preheat Temp., Min 20 - 38 mm. = 18°C
 38 - 65 mm. = 65°C > 65 mm. = 110°C
 Interpass Temp., Min 20 - 38 mm. = 18°C
 38 - 65 mm. = 65°C > 65 mm. = 110°C
 Max. 280°C

POSTWELD HEAT TREATMENT

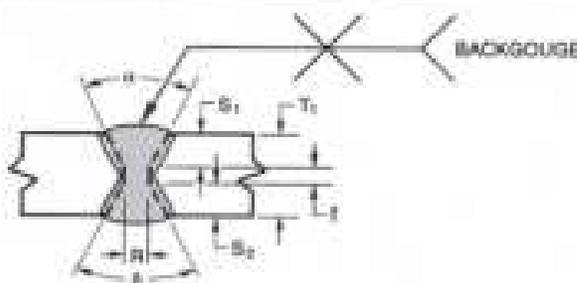
Temp. _____ N.A.
 Time _____ N.A.

Note 1: The WPS also applicable to materials Group 1 and 2 of Table 3.1, within of Category B of Table 3.3 of AWS D1.1 2015 Structural Welding Code-Steel

Position	Pass	Process	Filler Metals		Current		Volts	Travel Speed (cm/min)	Joint Detail
			Class	Diam. mm	Type	Polarity			
F	1-n	FCAW	E71T-1	1.2	DCEP	180-240	22-30	10-32	According to joint Designation B-U3-GF Section 3 AWS D1.1 2015 Structural Welding Code - Steel
H	1-n	FCAW	E71T-1	1.2	DCEP	160-230	22-30	18-38	
V	1-n	FCAW	E71T-1	1.2	DCEP	160-220	22-28	10-32	
OH	1-n	FCAW	E71T-1	1.2	DCEP	160-220	22-28	10-38	

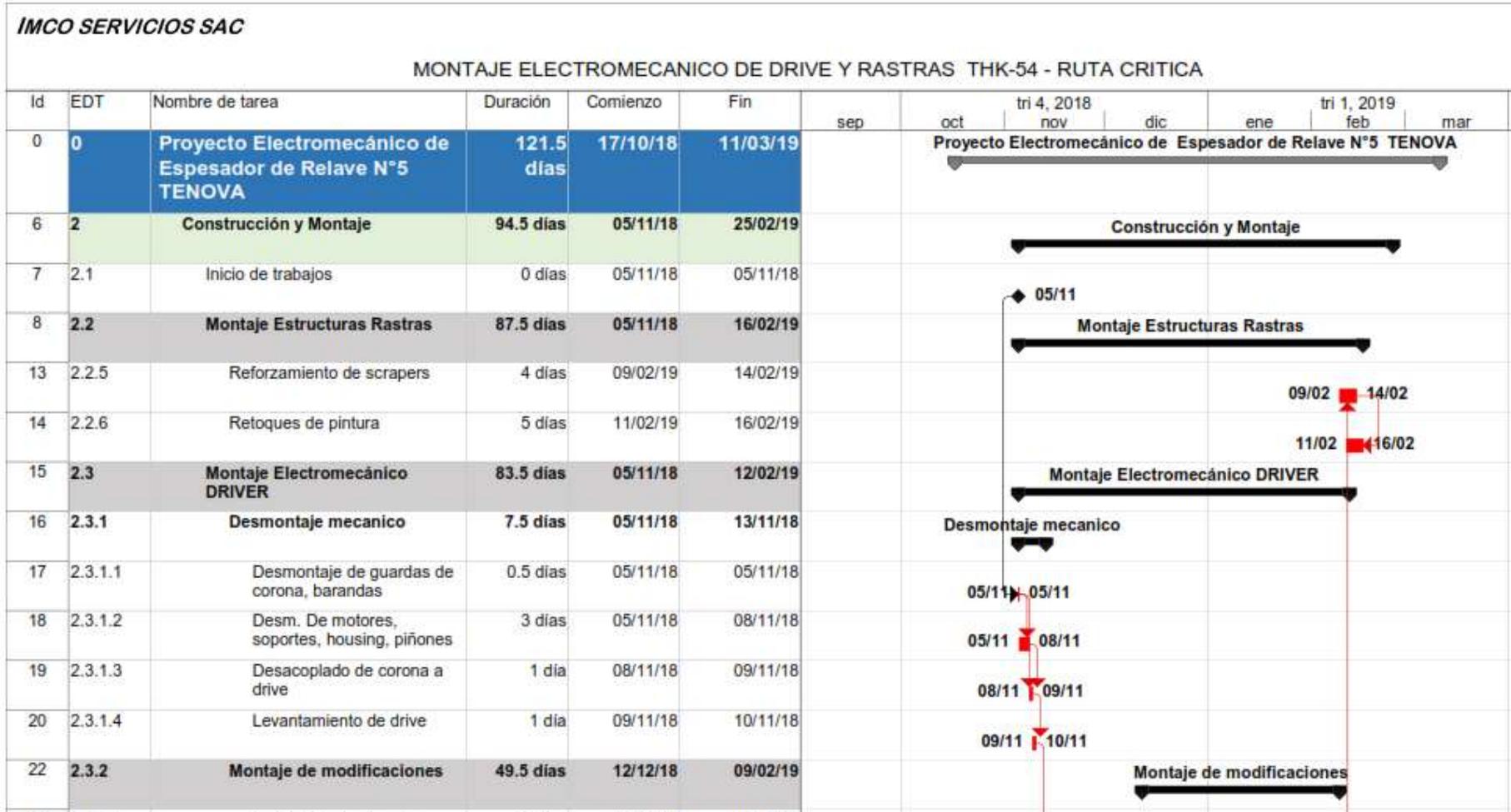
APPROVED BY:		
--------------	---	--

	WELDING PROCEDURE SPECIFICATION (WPS) (According with AWS D1.1 Structural Welding Code-Steel)	
---	---	---

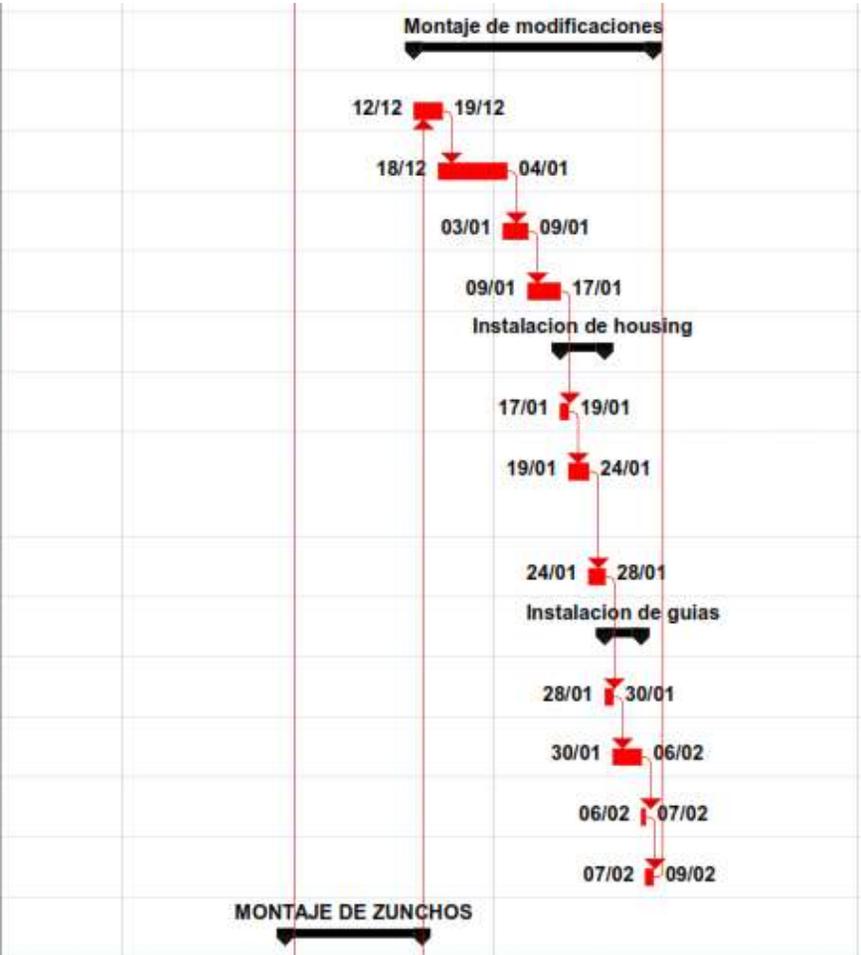
Double-V-groove weld (3) Butt joint (5)							For B-U3c-S only		
				T ₁		S ₁			
				Over	to				
				50	60			35	
				60	80			45	
				80	90			55	
				90	100			60	
				100	120			70	
				120	140			80	
				140	160			95	
				For T ₁ = 140 or T ₁ ≤ 50 S ₁ = 2/3 (T ₁ - 5)					
Welding Process	Joint Designation	Base Metal Thickness (U = unlimited)		Groove Preparation			Allowed Welding Positions	Gas Shielding for FCAW	Notes
		T ₁	T ₂	Root Opening Root Face Groove Angle	Tolerances				
					As Detailed (see 3.1.3.1)	As Fit-Up (see 3.1.3.1)			
SMAW	B-U3b	U	—	R = 0 to 3 f = 0 to 3 α = β = 60°	+2, -0 +2, -0 +10°, -0°	-2, -3 Not limited +10°, -5°	All	—	a, d, h, j
GMAW FCM	B-U3-GF			R = 0 f = 6 min. α = β = 60°	+2, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 +6, -0 +10°, -5°	All	Not required	a, d, h, j
SAW	B-U3c-S	U	—	R = 0 f = 6 min. α = β = 60°	+2, -0 +6, -0 +10°, -0°	+2, -0 +6, -0 +10°, -5°	F	—	d, h, j
To find S ₁ , see table above: S ₁ = T ₁ - (S ₁ - f)									

APPROVED BY:		
		

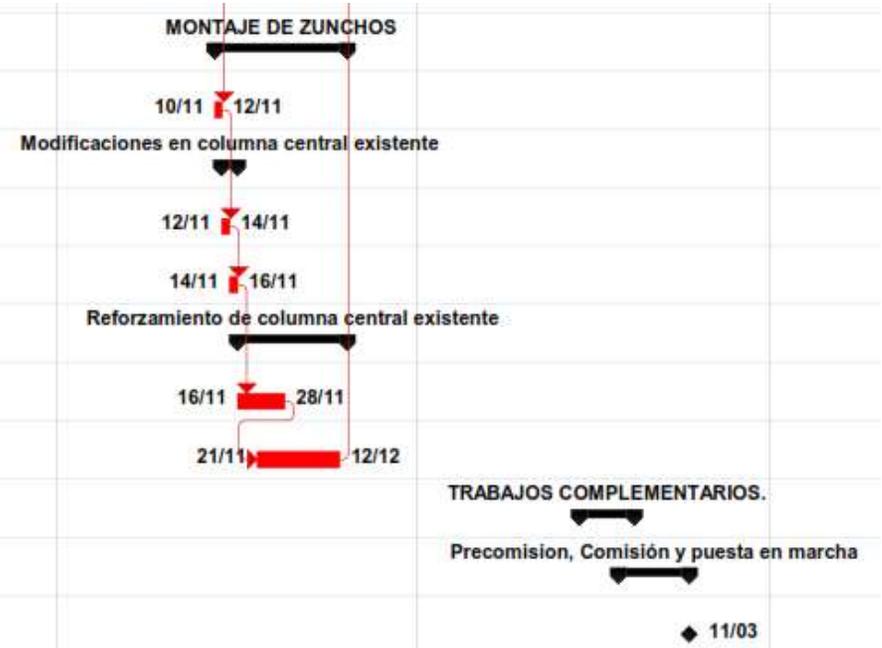
Anexo 10: Ruta Crítica del Proyecto.



22	2.3.2	Montaje de modificaciones	49.5 días	12/12/18	09/02/19
23	2.3.2.1	Instalacion de plancha inferior	6 días	12/12/18	19/12/18
24	2.3.2.2	Instalacion de vigas radiales	13 días	18/12/18	04/01/19
25	2.3.2.3	Instalacion filler plate	5.5 días	03/01/19	09/01/19
26	2.3.2.4	Instalacion de plancha superior	7 días	09/01/19	17/01/19
27	2.3.2.5	Instalacion de housing	9 días	17/01/19	28/01/19
28	2.3.2.5.1	Instalación de Housing y motorreductor	2 días	17/01/19	19/01/19
29	2.3.2.5.2	Prealineamiento de Housing de Nivel y preajuste de juego entre piñon y corona	4 días	19/01/19	24/01/19
30	2.3.2.5.3	Soldeo de Housing con placa supeior e inferior	3 días	24/01/19	28/01/19
31	2.3.2.6	Instalacion de guias	8 días	28/01/19	06/02/19
32	2.3.2.6.1	Instalación de Guia Fija en Tubo Central	2 días	28/01/19	30/01/19
33	2.3.2.6.2	Instalación de Guia Movil en Plancha Superior	6 días	30/01/19	06/02/19
34	2.3.2.7	Retiro de soportes temporales	1 día	06/02/19	07/02/19
35	2.3.2.8	Instalacion de cilindros y sistema hidraulico	2 días	07/02/19	09/02/19
37	2.4	MONTAJE DE ZUNCHOS	28.5 días	10/11/18	14/12/18



37	2.4	MONTAJE DE ZUNCHOS	28.5 días	10/11/18	14/12/18
38	2.4.1	Armado de andamios	0.5 días	10/11/18	12/11/18
39	2.4.2	Modificaciones en columna central existente	4 días	12/11/18	16/11/18
40	2.4.2.1	Recorte de guías verticales existentes	2 días	12/11/18	14/11/18
41	2.4.2.2	Recorte de atizadores existentes	2 días	14/11/18	16/11/18
42	2.4.3	Reforzamiento de columna central existente	24 días	16/11/18	14/12/18
43	2.4.3.1	Instalacion de refuerzos	10 días	16/11/18	28/11/18
44	2.4.3.2	Soldeo de refuerzos	18 días	21/11/18	12/12/18
47	2.6	TRABAJOS COMPLEMENTARIOS.	12 días	11/02/19	25/02/19
53	3	Precomision, Comisión y puesta en marcha	15 días	21/02/19	11/03/19
55	4	Fin de Proyecto	0 días	11/03/19	11/03/19



Anexo 11: Planos del Proyecto: