

Universidad Nacional de Ingeniería

Facultad de Ingeniería Civil



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

“Control y aseguramiento de la calidad en la construcción de un tramo del colector Canto Grande - San Juan de Lurigancho”

Para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Elaborado por

Jorge Luis Reyes Davalos
ID: 0009-0002-6666-3512

Asesor

Mag. Pavel Chuquivilca López
ID: 0009-0009-2629-3298

LIMA - PERÚ

2025

Citar/How to cite	(Reyes, 2025)
Referencia/Reference	Reyes, J. (2025). <i>Control y aseguramiento de la calidad en la construcción de un tramo del colector Canto Grande - San Juan de Lurigancho</i> . [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ingeniería]. Repositorio institucional UNI
Estilo/Style: APA (7ma ed.)	

Dedicatoria

A Jehová Dios por guiarme y darme fuerzas para seguir adelante.

A mis padres Tania Dávalos P. y Jorge Reyes Z. por su apoyo y amor incondicional durante toda mi vida.

A mi hermano Gerson Reyes D. por ser un gran ejemplo para mí.

A mi primo hermano Pedro Reyes D. por ser el gran causante de los logros profesionales de la familia.

Agradecimientos

A mis padres que siempre me guiaron por el bien y que fueron parte fundamental de mi crecimiento como persona y profesional.

A mi hermano que es mi ejemplo de luchar día a día por nuestros sueños.

A mi alma máter, la Universidad Nacional de Ingeniería, por brindarme herramientas para desarrollarme como humano y profesional.

A toda mi familia, que siempre estuvo pendiente de mi progreso y jubilosos de mis logros.

A Marvin, por los consejos profesionales que instaron a que logre este objetivo.

Resumen

En el presente trabajo de suficiencia profesional se ha aplicado dos métodos para entregar al Cliente un producto de calidad en la reposición de un tramo del colector Canto Grande, en el distrito de San Juan de Lurigancho.

En base a la norma ISO 9001:2015 se propone para el proyecto el método del aseguramiento de la calidad definida en seis variables: programa de implementación del Sistema de Gestión de Calidad (SGC), procedimientos constructivos y planes de puntos de inspección (PPI), plan de calibración de equipos, auditorías internas, encuestas de satisfacción del cliente y capacitaciones. Asimismo, se propone el método del control de la calidad enfocados en seis variables: protocolos de liberación, matriz de calidad, programa de liberaciones, verificación y cumplimiento de PPI, pruebas y mejora continua.

Las variables para el aseguramiento de la calidad son asociadas a los indicadores de calidad, definidos por la empresa desde oficina principal, que miden cuantitativamente el control y aseguramiento de la calidad desarrollado en el proyecto.

Por otro lado, las variables para el control de calidad, se asocian a las pruebas de calidad, que resultan de la verificación continua al cumplimiento de cada uno de los procesos del proyecto.

El cumplimiento de acciones que rigen estas variables, suponen un costo de inversión para prevenir y reducir los costos de no calidad, es ahí donde la Gerencia de Proyecto cumple un papel importante con su compromiso al cumplimiento de la política y objetivos de la calidad.

Palabras clave – electrofusión de tuberías, control de calidad, aseguramiento de la calidad, túnel liner, indicadores de calidad.

Abstract

In this professional proficiency assessment, two methods were applied to deliver a quality product to the Client for the replacement of a section of the Canto Grande collector in the district of San Juan de Lurigancho.

Based on the ISO 9001:2015 standard, the project proposes a quality assurance method defined in six variables: Quality Management System (QMS) implementation program, construction procedures and inspection point plans (IPP), equipment calibration plan, internal audits, customer satisfaction surveys, and training. Likewise, a quality control method focused on six variables is proposed: release protocols, quality matrix, release schedule, PPI verification and compliance, testing, and continuous improvement.

The quality assurance variables are associated with quality indicators, defined by the company from its main office, which quantitatively measure the quality control and assurance implemented in the project.

On the other hand, quality control variables are associated with quality testing, which results from the ongoing verification of compliance with each of the project's processes.

Compliance with the actions that govern these variables represents an investment cost to prevent and reduce non-quality costs. This is where Project Management plays an important role with its commitment to compliance with the quality policy and objectives.

Keywords – pipe electrofusion, quality control, quality assurance, tunnel liner, quality indicators.

Tabla de Contenido

Resumen	iv
Abstract	v
Introducción	xvi
Capítulo I. Parte introductoria del trabajo	1
1.1. Descripción de la problemática	1
1.1.1. Problemática de obras subterráneas en el Perú	1
1.1.2. Problemática del Proyecto	1
1.2. Objetivos del estudio	2
1.2.1. Objetivo general	2
1.2.2. Objetivos específicos	2
1.3. Antecedentes investigativos	3
Capítulo II. Marco teórico y conceptual	7
2.1. Concepto de calidad	7
2.2. Evolución de la calidad	7
2.2.1. Etapa de Inspección	8
2.2.2. Etapa del control estadístico del proceso	8
2.2.3. Etapa de Aseguramiento de la Calidad (Control en el diseño)	9
2.2.4. Mejora continua	9
2.3. Conceptos de la gestión de calidad	10
2.3.1. Política de la Calidad	10
2.3.2. Objetivos de la Calidad	10
2.3.3. Plan de Gestión de la Calidad	11
2.3.4. Plan de Puntos de Inspección	11
2.3.5. Matriz de Calidad	11
2.3.6. Equipos IME	12
2.3.7. Aseguramiento de la Calidad	12
2.3.8. Control de Calidad	12
2.4. Red de colectores	13
2.4.1. Colector N°06	13
2.5. Cámaras de inspección	14
2.5.1. Tipos de cámara	14
2.6. Impermeabilización del concreto	16
2.6.1. Impermeabilización por cristalización	17
2.6.2. Impermeabilización con epóxico	18
2.7. Métodos de sostenimiento en excavaciones	19
2.7.1. Zanja Abierta con entibados	19
2.7.2. Sistema TrenchLess con metodología Liner	19
2.8. Tuberías HDPE	21
2.9. Uniones entre tuberías HDPE	22
2.9.1. Electrofundición de tuberías con acople	22
2.10. Pruebas de uniones electrosoldadas	23
2.10.1. Prueba de humo	23
2.10.2. Inspección televisiva	24
Capítulo III. Características del proyecto	26

3.1. Antecedentes	26
3.2. Ubicación del proyecto	26
3.3. Problemática en la zona existente.....	27
3.4. Estudios básicos del proyecto	31
3.4.1 Topografía	31
3.4.4 Estudio Geotécnico	34
3.5. Descripción de los componentes del proyecto	41
3.5.1 Obras Provisionales.....	41
3.5.2 Movimiento de tierras.....	43
3.5.3 Obras de Concreto.....	45
3.5.4 Soldadura e instalación de tuberías HDPE	45
Capítulo IV. Planificación de la calidad en el proyecto	46
4.1. Política de la Calidad	46
4.2. Objetivos de la Calidad	46
4.3. Planificación del SGC	48
4.3.1. Gestión de comunicaciones	48
4.3.2. Gestión de recursos	48
4.3.3. Infraestructura	56
4.3.4. Equipos de producción.....	56
4.3.5. Ambiente para la operación	57
Capítulo V. Aseguramiento de la calidad en el proyecto	58
5.1 Programa de implementación	58
5.2 Procedimientos constructivos y plan de puntos de inspección	58
5.2.1 Procedimientos constructivos.....	58
5.2.2 Plan de puntos de inspección.....	59
5.3 Plan de calibración de equipos.....	59
5.4 Auditorías internas	60
5.5 Encuestas de satisfacción del cliente	61
5.6 Capacitaciones	62
Capítulo VI. Control de la calidad en el proyecto.....	63
6.1. Protocolos de liberación	63
6.2. Matriz de calidad.....	64
6.3. Programa de liberación	66
6.4. Controles de calidad en los procesos.....	67
6.4.1. Excavación mediante Sistema Liner.....	67
6.4.2. Instalación de tuberías HDPE	72
6.4.3. Construcción de cámaras y buzones.....	89
6.4.4. Rellenos controlados.....	112
6.4.5. Reposición pavimentos	121
6.5. Pruebas finales	136
6.5.1. Resistencia a la Compresión de Probetas cilíndricas de concreto.....	136
6.5.2. Resistencia a la Compresión de especímenes cúbicos de mortero	139
6.5.3. Prueba de Estandariedad	144
6.5.4. Prueba de Humo	146
6.5.5. Inspección Televisiva	149

6.5.6. Ensayos de Compactación de Rellenos Estructurales.....	151
6.5.7. Ensayos de Compactación de Carpeta Asfáltica	152
6.6. Mejora continua	154
6.6.1. Tratamiento de la salida no conforme	154
6.6.2. Implementación del sgc: costo – beneficio	158
Capítulo VII. Análisis y discusión de resultados	161
7.1 Análisis de los resultados.....	161
7.2 Discusión de resultados	163
Conclusiones	165
Recomendaciones	166
Referencias bibliográficas.....	167
Anexos	171

Lista de Tablas

Tabla N° 1	Propiedades y valores para la obtención de un concreto “impermeable” . .	17
Tabla N° 2	Promedio de rotura total ante sismos críticos	22
Tabla N° 3	Reporte de diagnóstico hidráulico actual	28
Tabla N° 4	Verificación de parámetros de diseño	31
Tabla N° 5	Nivelación de Vértices de la Poligonal Principal (circuito cerrado)	32
Tabla N° 6	Resumen de las Condiciones de Cimentación.....	35
Tabla N° 7	Resultados de Análisis Químico	36
Tabla N° 8	Concreto Expuesto a Soluciones de Sulfatos	36
Tabla N° 9	Evaluación de métodos de excavación para instalación de tuberías.....	38
Tabla N° 10	Impactos negativos colaterales de métodos de excavación	39
Tabla N° 11	Presiones Totales de zapatas del tren eléctrico al túnel liner	41
Tabla N° 12	Indicadores para el aseguramiento de la Calidad en el proyecto	47
Tabla N° 13	Procedimientos para la provisión de recursos.....	49
Tabla N° 14	Funciones y Responsabilidades en el Proyecto	50
Tabla N° 15	Procedimiento para la Gestión de Equipos en el Proyecto.....	56
Tabla N° 16	Plan de Puntos de Inspección usados en el Proyecto.....	59
Tabla N° 17	Plan de Auditoría Interna N°01 del Proyecto.....	60
Tabla N° 18	Resultados de evaluación de satisfacción del cliente SEDAPAL.....	62
Tabla N° 19	Programa de Capacitación del mes de Julio 2021	62
Tabla N° 20	Log de formatos de liberación aprobados en el Proyecto.....	63
Tabla N° 21	Reporte de Avance Semanal de protocolización según entregables.....	65
Tabla N° 22	Programación semanal de actividades	66
Tabla N° 23	Plan diario de liberaciones enviada a Supervisión	67
Tabla N° 24	Tiempos de electrofusión y enfriamiento – Tuberías HDPE 1600mm.	85
Tabla N° 25	Tipos de capas según rellenos y fin de colocación en el proyecto	113
Tabla N° 26	Número de ensayos según frecuencia por Tipo de Material e.....	113
Tabla N° 27	Requerimientos para los Agregados Finos de Mezclas Asfálticas en Caliente según Norma CE.010 Pavimentos Urbanos.....	123
Tabla N° 28	Requerimientos para los Agregados Gruesos de Mezclas Asfálticas en Caliente según Norma CE.010 Pavimentos Urbanos.....	124
Tabla N° 29	Requerimientos de ensayos de mezcla asfáltica durante la ejecución según Norma CE 0.10 Pavimentos Urbanos.....	126
Tabla N° 30	Rangos de temperatura según tipo y grado del asfalto	130
Tabla N° 31	Resumen estadístico de resistencias f’c 280 a edad de 7 días	137
Tabla N° 32	Resumen estadístico de resistencias f’c 280 a edad de 28 días	138
Tabla N° 33	Resumen estadístico de resistencias suelo cemento a edad de 7 días.	138
Tabla N° 34	Resumen estadístico de resistencias suelo cemento a edad de 28 días	139
Tabla N° 35	Resumen estadístico de resistencias mortero f’c 175 a edad de 7 días	140
Tabla N° 36	Resumen estadístico de resistencias de mortero f’c 175 a edad de 28 días.....	140
Tabla N° 37	Resumen estadístico de resistencias grouting a edad de 7 días	142
Tabla N° 38	Resumen estadístico de resistencias grouting a edad de 28 días	142
Tabla N° 39	Resumen estadístico de resistencias unisuelo a edad de 7 días.....	143
Tabla N° 40	Resumen estadístico de resistencias unisuelo a edad de 28 días.....	144
Tabla N° 41	Resumen de acoples instalados para prueba de humo.....	146
Tabla N° 42	Resumen de registros de relleno y compactación en el proyecto.....	152
Tabla N° 43	Resumen de registros de densidad de campo para mezcla asfáltica	153
Tabla N° 44	Estructura de la Información General de una No Conformidad	155
Tabla N° 45	Estructura del Tratamiento de la Salida No Conforme de una No Conformidad.....	156
Tabla N° 46	Estructura del Análisis de una No Conformidad.....	156

Tabla N° 47	Estructura del Cálculo del Costo de No Calidad de una NC.....	157
Tabla N° 48	Elementos de costo de calidad: prevención y evaluación	158
Tabla N° 49	Elementos de costo de no calidad: fallas internas y externas	158
Tabla N° 50	Costo de inversión por prevención.....	158
Tabla N° 51	Costo de inversión por evaluación	159
Tabla N° 52	Costo de inversión por fallas internas	159
Tabla N° 53	Porcentaje de incidencia de los costos de prevención sobre el monto del proyecto.....	159
Tabla N° 54	Porcentaje de incidencia de los costos de evaluación sobre el monto del proyecto	160
Tabla N° 55	Porcentaje de incidencia de los costos de fallas internas sobre el monto del proyecto	160
Tabla N° 56	Relación del aseguramiento de la calidad con los objetivos de Calidad (indicadores).....	161
Tabla N° 57	Indicadores de calidad reportados a Oficina Central de la empresa.....	162
Tabla N° 58	Resultados del Control de Calidad de los procesos relevantes del Proyecto	162

Lista de Figuras

Figura N° 1	Plano en planta de un buzón con líneas en la misma dirección.....	14
Figura N° 2	Sección de buzón conformada por anillos circulares.....	15
Figura N° 3	Sección de una cámara de derivación.....	15
Figura N° 4	Sección de cámara de empalme.....	16
Figura N° 5	Primer Cristalino VELOSIT CW 111.....	18
Figura N° 6	Primer Epóxico VELOSIT PR 303.....	18
Figura N° 7	Excavación con entibados metálicos en zanja abierta.....	19
Figura N° 8	Sistema de Sostenimiento mediante Poza Liner (vertical).....	20
Figura N° 9	Sistema de Sostenimiento mediante Túnel Liner (horizontal).....	21
Figura N° 10	Unión entre tuberías mediante electrofusión con acople HDPE.....	23
Figura N° 11	Prueba de humo a uniones electro soldadas de HDPE.....	24
Figura N° 12	Inspección Televisiva de tuberías mediante cámaras sobre ruedas.....	25
Figura N° 13	Ubicación del proyecto.....	26
Figura N° 14	By pass provisional (color rosa) y tramo colapsado C-4 a BP-C3 (color verde).....	27
Figura N° 15	Tramo C-4 a BP-C3 colapsado y colmatado en tubería Polietileno Corrugado de 1500 mm.....	27
Figura N° 16	Tramo existente potencialmente en abandono.....	28
Figura N° 17	Tramo proyectado del Colector Canto Grande.....	29
Figura N° 18	Diseño en planta de tramos en SEWERCAD.....	30
Figura N° 19	Perfil de tramos en SEWERCAD.....	30
Figura N° 20	Ficha Técnica de BM.....	33
Figura N° 21	Certificado de Calibración de Equipo Topográfico.....	33
Figura N° 22	Mapa de intensidades sísmicas.....	34
Figura N° 23	Zapatas del tren eléctrico con influencia al túnel liner.....	40
Figura N° 24	Sección típica de Zapata y su influencia con el túnel liner.....	40
Figura N° 25	Bombeo provisional de aguas residuales.....	42
Figura N° 26	Línea de conducción desde cámara de carga hacia el vertedero.....	43
Figura N° 27	Sistema de Bombeo: Cisterna, Líneas de impulsión – succión, cámara de carga.....	43
Figura N° 28	Tramos de tuberías mediante túnel liner y zanja abierta.....	44
Figura N° 29	Política de Calidad de la empresa Cosapi S.A.....	46
Figura N° 30	Objetivos de Calidad de la empresa Cosapi S.A.....	47
Figura N° 31	Avance de implementación del SGC en el proyecto.....	58
Figura N° 32	Torquímetro calibrado, identificado y protegido.....	60
Figura N° 33	Matriz de Calidad del Proyecto.....	64
Figura N° 34	Curva S con el avance de protocolización.....	66
Figura N° 35	Certificado de Calidad de planchas de acero y tornillería para liner.....	68
Figura N° 36	Recepción de planchas de acero corrugado y pernería con el Cliente (SEDAPAL).....	68
Figura N° 37	Trazo y excavación de poza en cámara de bombeo CIS-01.....	69
Figura N° 38	Ajuste de pernos y prueba de torque en poza liner.....	70
Figura N° 39	Verificación de calibración vigente de Torquímetro de golpe.....	70
Figura N° 40	Capacitación uso de Bomba de inyección Mini Avant – TURBOSOL y rotulado de baldes para dosificación de mezcla.....	71
Figura N° 41	Control de mortero fresco: extensibilidad de mortero y temperatura.....	71
Figura N° 42	Muestreo de mortero en especímenes cúbicos de 2"x2"x2" y roturas a los 7 y 28 días.....	71
Figura N° 43	Extracto de las Especificaciones Técnicas Específicas del proyecto.....	72
Figura N° 44	Certificación de la planta de fabricación de AGRU para tuberías y acoples de HDPE.....	73
Figura N° 45	Extracto de Informe de auditoría.....	73

Figura N° 46	Certificado de conformidad realizado de Acoples de HDPE por la entidad KIWA-UNI en planta de fabricación AGRU - Austria.....	74
Figura N° 47	Dimensiones del contenedor para la importación	74
Figura N° 48	Esquema para el transporte de tuberías dentro del contenedor de 40'	75
Figura N° 49	Llegada de tuberías HDPE al Almacén del Proyecto.....	75
Figura N° 50	Descarga con montacargas de 12 ton de capacidad y horquilla de 1200 mm de longitud.....	76
Figura N° 51	Almacenamiento de tuberías HDPE 1600 mm en el proyecto	77
Figura N° 52	Almacenamiento de Acoples HDPE 1600 y 630 mm en almacén del proyecto.....	77
Figura N° 53	Descarga de tuberías HDPE hacia el lugar de tratamiento previo a las electrofusión.....	78
Figura N° 54	Recepción y verificación de tuberías HDPE según packing list	78
Figura N° 55	Capacitación y certificación de soldadores con equipo HURNER.....	79
Figura N° 56	Tarjeta de identificación de soldadores ISO 12176-3 para acceso a equipo de electrofusión HURNER HST 300 Pricon 2.0.....	79
Figura N° 57	Demarcación de área de escarificado.....	80
Figura N° 58	Escarificado de zona de contacto con acople de HDPE.....	81
Figura N° 59	Recubrimiento con cinta stretch film de extremo de tubería preparada.	81
Figura N° 60	Colocación de acople sobre extremo de tubería preparada.....	82
Figura N° 61	Transporte de tubería a frente de trabajo	82
Figura N° 62	Izaje de tubería sobre plataforma de electrofusión	83
Figura N° 63	Alineamiento de tubería dentro de túnel liner	83
Figura N° 64	Tolerancias de desalineamiento horizontal y vertical.....	84
Figura N° 65	Parámetros de electrofusión de acople de tubería HDPE 1600mm.....	84
Figura N° 66	Verificación de niveles, pendiente y alineamiento para la instalación de tuberías.....	85
Figura N° 67	Llaves de correas en el acople y en los redondeadores para fijar el posicionamiento de conjunto tuberías – acople.....	86
Figura N° 68	Verificación de separación entre tuberías $s < 20$ mm	86
Figura N° 69	Ingreso de data adicional y electrofusión de tuberías y acoples	87
Figura N° 70	Marking de soldadura por electrofusión de tuberías HDPE	87
Figura N° 71	Sistema de rodadura como desplazamiento las tuberías al interior del túnel liner.....	88
Figura N° 72	Vista panorámica de electrofusión en tramo 5.....	89
Figura N° 73	Verificación de cámara en área de excavación (poza liner).....	90
Figura N° 74	Excavación con equipo mecánico (poza liner).....	90
Figura N° 75	Vaciado de solado en pozas liner.....	91
Figura N° 76	Acero y encofrado en losa de fondo.....	91
Figura N° 77	Colocación de acero estructural	92
Figura N° 78	Aplicación de desmoldante en encofrado	92
Figura N° 79	Curado químico de muros en cámaras.....	93
Figura N° 80	Encofrado de losa intermedia	93
Figura N° 81	Muros, losa de techo y rejilla de inspección de cámaras de derivación ...	94
Figura N° 82	Muros, losa de techo y rejilla de inspección de buzones	95
Figura N° 83	Waterstop NFR SBR con zunchos de fijación	95
Figura N° 84	Preparación de superficie de contacto electroflex – tubería HDPE.....	96
Figura N° 85	Fijación de electroflex alrededor de la tubería	96
Figura N° 86	Soldadura de accesorios de anclajes HDPE (electroflex).....	97
Figura N° 87	Colocación de mortero de alta resistencia $f'c=750$ kg/cm ²	97
Figura N° 88	Detalle de dado de anclaje en cámara tubería existente HDPE	98
Figura N° 89	Zonificación de impermeabilización de cámaras y buzones	99
Figura N° 90	Log de Certificados de Calidad de materiales de impermeabilización	99
Figura N° 91	Carta de aprobación del procedimiento de impermeabilización	100
Figura N° 92	Capacitación al personal del procedimiento de impermeabilización	100

Figura N° 93	Lavado a chorro de agua a presión previo al tratamiento	101
Figura N° 94	Formación de medias cañas y reparación de imperfecciones	102
Figura N° 95	Colocación de Cinta Velosit DB830 con Salitrex PE 31 en junta concreto - HDPE.....	102
Figura N° 96	Colocación de Revestimiento cementicio impermeable RCE 2K	103
Figura N° 97	Perfil hidrofílico (waterstop) Velosit WS801 en el muro de concreto y alrededor de la tubería de HDPE	103
Figura N° 98	Desbaste de losa y muros previo a la impermeabilización.....	104
Figura N° 99	Humectación de superficies a impermeabilizar.....	104
Figura N° 100	Impermeabilización por cristalización del primer cuerpo de cámaras y buzones	105
Figura N° 101	Lavado con chorro a presión desde el según cuerpo	106
Figura N° 102	Liberación de superficie de concreto previa impermeabilización	106
Figura N° 103	Desbaste de muros y losas de techo previo a la impermeabilización ..	107
Figura N° 104	Batido de componentes A y B del Velosit PR 303 (epóxico).....	107
Figura N° 105	Impermeabilización con epóxico bi componente	108
Figura N° 106	Liberación de Impermeabilización con epóxico bi componente	108
Figura N° 107	Reparación de porosidades en cuerpo prefabricado de buzón.....	109
Figura N° 108	Desbaste de la superficie exterior con esmeril	109
Figura N° 109	Liberación de superficies exteriores de cuerpo de buzón y cámara.....	110
Figura N° 110	Control de dilución de Chema Bitumen con aguarrás para primera mano	110
Figura N° 111	Liberación de primera mano de impermeabilizante bitumen en superficie exterior	111
Figura N° 112	Liberación de segunda mano impermeabilizante bitumen en cámara y buzón.....	111
Figura N° 113	Muestreo del material propio seleccionado en zona de acopio.....	112
Figura N° 114	Carta de aprobación del procedimiento de relleno y compactación	114
Figura N° 115	Zarandeo y selección de material no mayor a 3"	114
Figura N° 116	Verificación de humedad mediante ensayo de humedad con speedy .	115
Figura N° 117	Ensayo de compactación alrededor de cámara de derivación	115
Figura N° 118	Conformación a nivel de subrasante en tramo T-5	116
Figura N° 119	Ensayo de penetración Estándar (SPT) paramejoramiento	117
Figura N° 120	Base granular conformada y compactada en vía principal.....	118
Figura N° 121	Verificación de niveles y compactación de cama de arena en Tramo T-5	118
Figura N° 122	Verificación y capacitación de la dosificación suelo cemento al personal.....	119
Figura N° 123	Relleno con suelo cemento alrededor de buzón proyectado	119
Figura N° 124	Verificación topográfica de niveles alcanzados de base granular	120
Figura N° 125	Método de cono de arena para rellenos hasta nivel de subrasante	120
Figura N° 126	Método de Densímetro Nuclear en base granular	121
Figura N° 127	Reporte de Análisis de cemento asfáltico 60/70 (REPSOL)	122
Figura N° 128	Análisis Granulométrico de mezcla asfáltica D-5 según ASTM D 3515	122
Figura N° 129	Conformidad de Granulometría dentro de huso D-5 según ASTM D- 3515	123
Figura N° 130	Conformidad de resultados de ensayos a agregado fino para mezcla asfáltica	124
Figura N° 131	Conformidad de resultados de ensayos a agregado grueso para mezcla asfáltica	125
Figura N° 132	Reporte de Análisis de asfalto líquido MC 30 emitido por Refinería La Pampilla – REPSOL.....	126
Figura N° 133	Control de agregados en faja transportadora de Planta SEOING	127
Figura N° 134	Control de cemento asfáltico en tanque de planta SEOING	127

Figura N° 135	Muestreo de asfalto para ensayos y control de temperatura en Planta SEOING.....	128
Figura N° 136	Lavado asfáltico para obtención del contenido de cemento.....	128
Figura N° 137	Obtención de estabilidad y flujo con Ensayo Marshall	129
Figura N° 138	Obtención de densidad máxima teórica con Ensayo RICE	129
Figura N° 139	Limpieza de base con compresora de aire en tramo T-5.....	130
Figura N° 140	Control de temperatura de cisterna con asfalto líquido MC-30	131
Figura N° 141	Colocación de bandejas para imprimación en el tramo T-5	131
Figura N° 142	Pesaje y cálculo de tasa de imprimación en tramo T-5.....	132
Figura N° 143	Medición de penetración de imprimante asfáltico en base T-5	132
Figura N° 144	Volquete y control de temperatura de asfalto en planta.....	133
Figura N° 145	Esparcidora vertiendo la mezcla y personal rastrillando y emparejando	133
Figura N° 146	Rodillo tándem y neumático compactando en el tramo T-5	134
Figura N° 147	Temperatura de la mezcla de asfalto compactada	135
Figura N° 148	Pruebas de densidad y compactación de carpeta asfáltica	136
Figura N° 149	Histograma de resistencias diseño f'c 280 a edad de 7 días	137
Figura N° 150	Histograma de resistencias diseño f'c 280 a edad de 28 días	137
Figura N° 151	Histograma de resistencias suelo cemento f'c 5 kg/cm2 a edad de 7 días.....	138
Figura N° 152	Histograma de resistencias suelo cemento f'c 5 kg/cm2 a edad de 28 días.....	139
Figura N° 153	Histograma de resistencias mortero f'c 175 kg/cm2 a edad de 7 días .	140
Figura N° 154	Histograma de resistencias mortero f'c 175 kg/cm2 a edad de 28 días	141
Figura N° 155	Histograma de resistencias grouting f'c 750 kg/cm2 a edad de 7 días	141
Figura N° 156	Histograma de resistencias grouting f'c 750 kg/cm2 a edad de 28 días	142
Figura N° 157	Histograma de resistencias unisuelo superfluido f'c 10 kg/cm2 a edad de 7 días.....	143
Figura N° 158	Histograma de resistencias unisuelo superfluido f'c 10 kg/cm2 a edad de 28 días.....	144
Figura N° 159	Prueba de estanqueidad en cámaras y buzones.....	145
Figura N° 160	Registro de liberación de prueba de estanqueidad en cámara CDE-01	145
Figura N° 161	Tramo de tubería de prueba, instalado de una copla en el tramo	147
Figura N° 162	Ingreso de humo mientras de inyecta presión	147
Figura N° 163	Se procede a ingresar aire con compresora a presión constante	148
Figura N° 164	La presión de inyección medida con el manómetro del sistema.	148
Figura N° 165	Prueba de humo en presencia de la Supervisión	149
Figura N° 166	Registro de liberación de prueba de humo en tramo T-7	149
Figura N° 167	Ingreso de Cámara CCTV móvil al interior de la tubería HDPE	150
Figura N° 168	Inspección televisiva desde la estación de monitoreo	150
Figura N° 169	Registro de liberación de inspección televisiva en tramo T-5	151
Figura N° 170	Registro de liberación de grado de compactación de asfalto en caliente	152
Figura N° 171	Captura de App Móvil Scope de una desviación en campo	154
Figura N° 172	Clasificación de No Conformidades según Disciplina	157

Lista de Símbolos y Siglas

SÍMBOLOS

HDPE: Polietileno de Alta Densidad.

GC: Grado de Compactación.

DN: Diámetro Nominal.

PPI: Plan de Puntos de Inspección.

IME: Inspección, Medición y Ensayo.

BM: Bench Mark.

CD: Cámara de Derivación.

CDE: Cámara de Empalme.

BZP: Buzón Proyectado.

CIS: Cisterna de Bombeo.

CV: Cámara de Vertedero.

CC: Cámara de Carga.

RNC: Registro de No Conformidad.

FOR: Fortalezas.

NC: No Conformidad.

OM: Oportunidad de Mejora.

EE.TT: Especificaciones Técnicas

SIGLAS

SGC: Sistema de Gestión de Calidad.

ISO: Organismo Internacional de Estandarización.

INACAL: Instituto Nacional de Calidad.

ASTM: American Society for Testing Materials.

NTP: Norma Técnica Peruana.

SEDAPAL: Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima.

IGN: Instituto Geográfico Nacional.

NTE: Norma Técnica de Edificaciones.

HDD: Horizontal Directional Drilling.

SSOMA: Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente.

SPT: Ensayo de Penetración Estándar.

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones

WBS: Work Breakdown Structure

Introducción

El presente trabajo de suficiencia profesional tiene como finalidad dar a conocer los controles y los procesos para el aseguramiento de la calidad en un proyecto de reposición de un Colector de aguas residuales de gran diámetro. Este trabajo se ha estructurado en siete capítulos, como se detalla a continuación:

En el Capítulo I, se presenta la introducción, descripción del problema de la investigación y objetivos planteados en el presente trabajo.

En el Capítulo II, se revisa y se presenta algunos conceptos usados en el trabajo de investigación, tales como: la calidad y su evolución, gestión de la calidad, colectores, cámaras de inspección, métodos de sostenimiento en excavaciones, tuberías de polietileno de alta densidad y los tipos de uniones entre ellas, y por último las pruebas hidráulicas en redes de aguas residuales

En el Capítulo III, se describen las características del proyecto donde se desarrolló la presente investigación.

En el Capítulo IV, se desarrolla la planificación del control y aseguramiento de la calidad en el proyecto basado en la norma ISO 9001:2015.

En el Capítulo V, se propone el método del aseguramiento de la calidad desarrollado en el proyecto basado en: programa de implementación del SGC, procedimientos constructivos, planes de puntos de inspección.

En el Capítulo VI, se propone el método del control de la calidad desarrollado en el proyecto enfocados en: protocolos de liberación, matriz de calidad, programa de liberaciones, verificación y cumplimiento de PPI y Mejora Continua.

En el Capítulo VII, se exponen los indicadores de calidad que miden el control y aseguramiento de la calidad desarrollado en el proyecto.

En conclusiones se muestran los resultados obtenidos en los indicadores de calidad aterrizados en el objetivo principal de todo proyecto con implementación de un SGC: la satisfacción del cliente.

Las recomendaciones proponen el modelo de estructuración para los métodos del control y aseguramiento de calidad en proyectos de construcción de colectores de gran diámetro.

Como parte final se adjuntan las referencias bibliográficas y anexos que sustentan y refuerzan la elaboración del presente trabajo de suficiencia profesional.

Capítulo I. Parte introductoria del trabajo

1.1. Descripción de la problemática

1.1.1. Problemática de obras subterráneas en el Perú

La Asociación Peruana de Túneles y Obras Subterráneas (APTOS) indica que el problema en el Perú se observaría principalmente en zonas urbanas de la capital y de grandes ciudades, donde el uso de tecnologías y prácticas ya en desuso en otras partes de la región conducen a que se observe trabajadores laborando dentro de túneles, quedando expuestos a posibles derrumbes o colapsos de las estructuras.

Los proyectos de construcción subterránea enfrentan distintos retos, dependiendo de la ubicación y las condiciones geotécnicas. Cuando el proyecto considera la construcción de túneles, es necesario conocer la resistencia del suelo y determinar su probable comportamiento futuro, para desarrollar un diseño adecuado.

Sin embargo, los análisis de estabilidad y el diseño de los sistemas de sostenimiento de las estructuras subterráneas son procesos de alta complejidad que requieren estudios minuciosos y la participación de especialistas.

1.1.2. Problemática del Proyecto

1.1.2.1. Problema general

El colector Canto Grande recolecta la mayor parte de los desagües del distrito de San Juan de Lurigancho; es decir es el principal contribuyente del área de drenaje del Colector N°06, colector que en los últimos años ha presentado problemas de atoros y aniegos, a esto se suma que recibe aguas servidas de los distritos del Rímac, San Martín de Porres, Lima y el Callao, siendo el colector más extenso con 100.57 km. Asimismo, Alvarado Roldan en sus tesis “Simulación y evaluación para el mejoramiento del colector primario de aguas residuales N° 06 y sus contribuyentes usando el programa Sewercad” concluye que el 61% del colector N°06 presenta tirantes mayores a 75% lo que significa una insuficiencia hidráulica por capacidad.

Además, el “Plan de Operaciones de Emergencia de San Juan de Lurigancho” realizado en el 2017 nos describe que, en la zona de estudio, es decir el Colector Canto Grande, se halla en una zona de peligro sísmico y con un índice de vulnerabilidad alto lo que concluye en un riesgo medio – alto entre 51 y 75%.

1.1.2.2. Problemas específicos

El día 13 de enero de 2019 el distrito de San Juan de Lurigancho sufrió un aniego de grandes proporciones cerca a la Estación Pirámide del Sol de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao, este evento sucedió debido al colapso del Colector Canto Grande HDPE Corrugado 1500mm ubicado en la Av. Próceres de la Independencia (SEDAPAL 2019).

El Servicio de Agua Potable y Alcantarillado de Lima (SEDAPAL) ha realizado la inspección del colector mediante cámaras televisivas aguas abajo del buzón C-3 y se ha evidenciado que la tubería está colmatada por rocas (cantos rodados) hasta más del 50% de su sección. Tras el colapso del Colector Canto Grande se desprenden una serie de problemas hacia los habitantes del distrito de San Juan de Lurigancho, asociadas principalmente a las necesidades básicas de Agua y Alcantarillado.

Es por ello, que se planteó como solución inmediata en una primera instancia un bypass provisional para conducir las aguas residuales, así como un sistema de bombeo permanente hacia un buzón existente, de tal forma que garanticen el funcionamiento del servicio de agua y alcantarillado para los habitantes de la zona.

Ahora bien, como solución definitiva del tramo del Colector Canto Grande colapsado, se planteó alternativas constructivas de excavación, unión y montaje de tuberías HDPE de gran diámetro, haciendo uso de estándares altos de seguridad y calidad, aplicando herramientas de gestión integradas para así poder garantizar la vida útil de las redes de alcantarillado.

1.2. Objetivos del estudio

1.2.1. Objetivo general

Describir cualitativa y cuantitativamente los procesos de control y aseguramiento de la Calidad en la construcción de un tramo del colector Canto Grande - San Juan de Lurigancho

1.2.2. Objetivos específicos

- ✓ Describir los controles de calidad aplicados a la excavación con la metodología Liner
- ✓ Describir los controles de calidad para la construcción e impermeabilización de cámaras, buzones e instalación de tuberías HDPE

- ✓ Describir los controles de calidad para la unión de tuberías HDPE de DN 630 mm, DN 1600 mm y DN 1000 mm con los métodos de electrofusión y termofusión.
- ✓ Describir los controles de calidad para la reposición de pavimentos en la Av. Próceres de la Independencia – San Juan de Lurigancho.

1.3. Antecedentes investigativos

Según Reyes A., en su tesis “Propuesta de gestión para la detección de fallas en colectores de aguas residuales del distrito de San Juan de Lurigancho” concluye que producto de materiales potenciales de corrosión, tuberías de alcantarillado con pendiente mínima, acumulación de sólidos en tuberías, obstrucciones, soportes inadecuados de las tuberías, recubrimientos inapropiados sobre la clave del colector y que están sometidas a sobrecargas permanentes inclusive a movimientos sísmicos en la zona, son las principales causas de represamientos, aniegos, atoros, filtraciones y colapsos de tuberías.

Según HK Solutions Group (2023) en su página web “Trenchless Technology” describe lo siguiente:

La tecnología sin zanja es una técnica de construcción sin excavación que se utiliza para instalar o restaurar infraestructura subterránea crítica, como sistemas de alcantarillado, tuberías, cables de fibra óptica, líneas de gas y pozos de registro, sin necesidad de excavar el área para acceder. Esta tecnología permite a los profesionales realizar servicios como instalación de fibra óptica, reparación de alcantarillado y rehabilitación de tuberías con mínima o nula perturbación del suelo o la superficie.

Según Ruiz A., en su tesis “Diseño e instalación del sistema tunnel liner para la rehabilitación de los colectores primarios Canto Grande y La Huayrona pertenecientes a SEDAPAL, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima – Lima” el método de excavación que fue aplicado en la reparación del sistema de alcantarillado correspondiente a las estaciones Bayóvar – Santa Rosa y Caja de Agua en el distrito de San Juan de Lurigancho, se denomina Túnel Linner. Resulta ser una metodología altamente competitiva, además de que independientemente del diámetro de la instalación es factible por presentar estructuras apertables ligera y de fácil transporte, que soporta importantes cargas, además de su alta resistencia a los sismos por su flexibilidad.

Según Vásquez R., en su tesis “Gestión de la calidad en el control de obras de alcantarillado sanitario y su impacto en el éxito de la construcción e instalación de redes de alcantarillado sector I distrito La Esperanza – Trujillo” propone un plan de implementación de un Sistema de Gestión de Calidad para la ejecución de un proyecto de alcantarillado sanitario, que incluyó el análisis de factores emergentes y el seguimiento durante 2 meses de su funcionamiento, lográndose obtener un estado moderadamente aceptable.

Según Gutiérrez A., en su tesis “Método de control de la calidad en la construcción de obras subterráneas” nos muestra la implementación de un Plan de Aseguramiento de la Calidad, que inicia con la elaboración de un Manual de Calidad, y que culmina con la definición de los Objetivos de Calidad, los cuales son medibles y coherentes con la Política de la Calidad incluidos en el Manual de Calidad, y de esta manera, concluye que para la construcción de obras subterráneas bajo el enfoque de la ISO 9001-2015 es posible mejorar los procesos y conseguir el éxito esperado.

Según Mendivelso D., en su trabajo “Indicadores de Gestión en la Construcción” nos describe que, no se puede considerar como apto un sistema de gestión que no se enfoca en conocer los resultados de sus procesos a pesar de que se cuente con un mapa, diagramas y fichas acordes a la misión y visión de la organización, dado que, el seguimiento continuo es la base para entender a qué resultado se está llegando y hacia qué lugar se deben orientar las mejoras.

Según Pérez, J. et al. (2024) en su revista “Efecto de los aditivos impermeabilizantes por cristalización en la durabilidad del concreto” La falta de durabilidad por causas externas es causada por la agresión del medio ambiente con ataques de origen químico, físico y mecánico. Los ataques combinados que se desarrollan por los sulfatos de sodio, potasio o magnesio disueltos en agua o en suelos provocan deterioros en las estructuras de concreto y son de acción "doble", física y química. Defectos del concreto, en estas condiciones pueden acrecentar significativamente las filtraciones en el elemento estructural y afectar su durabilidad al exponer su acero de refuerzo. Ahora bien, con la tecnología de impermeabilización por cristalización, se reduce considerablemente la penetración del agua dentro de la matriz de concreto, aumentando la vida útil de las estructuras.

Según Fernández y Huamán, en su tesis “Evaluación del uso del aditivo impermeabilizante por cristalización para reducir la permeabilidad y mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280 \text{ kg/cm}^2$ ”, nos menciona que la impermeabilización por cristalización ha sido aplicada en el uso de aditivos en el concreto fresco, obteniendo resultados favorables de reducción de vacíos y absorción capilar del concreto, así como también el aumento de la resistencia a la compresión; sin embargo, en estado fresco reduce notablemente el asentamiento del concreto; es decir afecta la trabajabilidad del mismo.

Según Condori E., en su tesis “Propuesta de mejora en las líneas de agua potable y alcantarillado con tuberías de polietileno de alta densidad” nos describe que el uso de tuberías de polietileno de alta densidad o HDPE en el Perú, ha venido creciendo en los últimos años, dado que ha brindado soluciones a muchos campos debido a que posee una amplia gama de aplicaciones como; distribución de agua y gas natural, alcantarillado, aplicaciones industriales, marinas, mineras, conductos eléctricos y telecomunicaciones, dado que además, son efectivas sobre el suelo, enterradas, flotantes, y gracias a sus principales características como son: resistencia a bajas y altas temperaturas, resistencia química, resistencia a la fatiga y flexibilidad, resistencia a sismos, durabilidad, eficiencia hidráulica, aislante eléctrico y resistencia a rayos UV; se ha posicionado en el mercado como un producto eficiente y de calidad.

Según Guanilo C., en su tesis “Estudio de los procesos de electrofusión y termofusión en unión de tuberías de HDPE en una refinería” nos detalla que para obtener la aprobación de la unión de tuberías HDPE y la Especificación del procedimiento de fusión calificado por el fabricante (MEFPS) por el método de electrofusión, deberá realizarse una inspección visual de la pega y una prueba neumática a 2 bares a una probeta, donde se presuriza hasta alcanzar los 2 bares mantenidas durante 1 hora.

Según Vásquez R., en su tesis “Gestión de la calidad en el control de obras de alcantarillado sanitario y su impacto en el éxito de la construcción e instalación de redes de alcantarillado sector I distrito La Esperanza – Trujillo”, nos demuestra que sin un Sistema de Gestión de calidad en el control de obras de alcantarillado Sanitario, siendo la Calidad una arista del Control de obras, al igual que el Costo y Tiempo, los retrabajos y en general las no conformidades y sus costos de no calidad asociados, son significativos.

Según el Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento, en su Norma Técnica CE.010 “Pavimentos Urbanos”, para los controles de calidad a la reposición de pavimento producto de la instalación de servicios públicos, se considerarán la toma de pruebas, la ejecución de tipos de ensayos con las mismas frecuencias, iguales a las de un pavimento nuevo.

El presente trabajo tendrá como aporte general la compilación de todos los controles de calidad que se deben aplicar para trabajos de reparación y/o renovación de tuberías de gran diámetro en Colectores, donde involucran disciplinas como movimiento de tierras, con excavaciones y rellenos, concreto simple y armado en cámaras de inspección y por último soldaduras de tuberías HDPE desde diámetros de 630 mm a 1600 mm.

Capítulo II. Marco teórico y conceptual

2.1. Concepto de calidad

La calidad es el resultante total de las características del producto y del servicio de mercadotecnia, ingeniería, fabricación y mantenimiento a través de los cuales el producto o servicio en uso satisfará las esperanzas del cliente (FEIGENBAUM, 1986)

Calidad es la esencia de todas nuestras operaciones. Básicamente se evidencia en los productos, aunque el concepto se aplica también al equipo directivo de la empresa, a sus instalaciones y a su ubicación estratégica. Además, es hacer las cosas bien desde la primera vez (OUCHI, 1982)

Calidad es el grado predecible de uniformidad y fiabilidad a bajo costo y adecuado a las necesidades de los clientes (Edward Deming, 1988)

Calidad es diseñar, producir y ofrecer un producto o servicio que sea útil, al mejor precio posible, y que siempre satisfaga las necesidades del cliente (Kaoru Ishikawa, 1988).

Según la Norma ISO 9001:2015, la Calidad de los productos y servicios de una organización está determinada por la capacidad para satisfacer a los clientes, y por el impacto previsto y el no previsto sobre las partes interesadas pertinentes.

2.2. Evolución de la calidad

Con el pasar del tiempo, el concepto “calidad” ha ido evolucionando en el tiempo en las distintas etapas de evolución del hombre y su evolución productiva a raíz de los avances tecnológicos en las distintas disciplinas de la industria.

En la Edad Media los artesanos elaboraban sus productos sin considerar el costo y el tiempo que les implicaba terminarlo, dado que sus únicos principios eran satisfacer al cliente y su propia satisfacción.

A mediados del siglo XVIII, con la llegada de la revolución industrial, el término calidad se asoció a producción, donde el principio era satisfacer la demanda de los bienes por lo que “producción con calidad” era la frase de aquellos que lideraban las grandes industrias. Lo que podría considerarse que la cantidad y el tiempo eran los conceptos más importantes.

2.2.1. Etapa de Inspección

Entre los siglos XVIII y XIX, durante la segunda revolución industrial, la producción había aumentado considerablemente, con el establecimiento del trabajo en cadena; sin embargo, esto había producido un efecto secundario, no deseado, causado por el aburrimiento y apatía de los trabajadores, que originaban fallos en el proceso y los productos salían con defectos lo que originaba el descontento de los clientes.

Ante esta situación, era necesario tomar acción para revertir, y es ahí donde el inspector entra a tomar un papel protagónico, puesto que era la persona encargada de velar el cumplimiento de las especificaciones del producto, y donde se prioriza esta acción por encima de la cantidad de producción.

A esta etapa se le denomina “Inspección” o “Control Final”, donde el cliente ya no se conformaba cualquier cosa y empieza a exigir que el producto que recibe cumpla con los requisitos especificados.

Es así que Radford et ál (1922) afirma que la inspección tiene como propósito examinar minuciosamente y de manera analítica el producto para verificar que cumplan los estándares de calidad y detectar los errores; para que una vez identificados, personal con experiencia en el trabajo puedan subsanarlos.

Sin embargo, para lo único que servían las inspecciones era para constatar el número de productos defectuosos para evitar que llegaran al cliente. Se identificaban los defectos y el lugar donde se producían, pero no evitaban que se produjeran. El producto seguía llevando un coste añadido derivado de los costes de producción y la inspección.

2.2.2. Etapa del control estadístico del proceso

Esta etapa aproximadamente se da en la década de los años 30, donde la inspección al producto iba no solo al producto final, sino que era necesario controlar cada fase del proceso el cual permitía identificar con anticipación los defectos del producto, y esto se hacía mediante un control estadístico analizando las probabilidades de que estos defectos pudiesen aparecer en la producción.

Lo que verdaderamente se quería en esta etapa era prevenir los defectos mediante la toma de acciones preventivas. Sin embargo, esto no implicaba la eliminación de la inspección,

sino que inclusive debería mantenerse dado que era la única forma de detectar un producto defectuoso en caso de que se produzcan.

2.2.3. Etapa de Aseguramiento de la Calidad (Control en el diseño)

Esta etapa se dio en la década de los años 50, a raíz de que se seguían detectando problemas de calidad que aparecían en la vida útil del producto y que no eran imputables, ni a la materia prima, ni al proceso, ni a la maquinaria, ni a la mano de obra; el problema estaba en el propio diseño.

Es por ello que el enfoque más importante en esta etapa es el de asegurar un producto de calidad al cliente, y desde el principio del proyecto, es decir en el diseño, para que el producto además de estar adaptado a un proceso productivo, tenga una vida útil garantizada, lo que además simplifica las tareas de control. Es así que, para que esto se logre, todos los integrantes de la empresa intervienen en cómo se realice el producto y/o servicio final. Por lo tanto, hay que organizarse, fijar objetivos, planificarse, limitar responsabilidades.

En esta etapa, la organización está más comprometida en garantizar un producto de calidad para su cliente.

2.2.4. Mejora continua

Esta etapa, surge en la década de los años 90 producto de la alta competencia y es aquí donde los mercados se globalizan. Esto hace que las empresas se direccionen hacia la excelencia y eso sólo se consigue a través de la mejora continua de los productos y/o servicios ofrecidos.

El factor humano en esta etapa cumple un papel muy importante, dado que su misión principal yace en crear todos los mecanismos que permita resolver problemas. Estos mecanismos pasan por transformar equipos de trabajo en equipos de mejora continua, siendo los líderes de la empresa quienes se encarguen de desarrollar cerebros y generar su propio conocimiento, pero de forma sistemática, esto con la finalidad principal de que lo que el cliente busca, lo que se programa, lo que se fabrique sean lo mismo, perfeccionando la calidad total.

A la actualidad, estos equipos de mejora continua se enfrentan al reto de producir y vender productos de alta calidad al menor costo posible. Los resultados obtenidos en estos esfuerzos del personal traducidas en grandes ventas se ven reflejados en utilidades para la empresa.

2.3. Conceptos de la gestión de calidad

2.3.1. Política de la Calidad

Es un documento que la Organización debe establecer, implementar y mantener donde esta se compromete para hacer cumplir los requisitos de Calidad alineados al Cliente.

Según la norma ISO 9001:2015 una política de la calidad debe ser tal que:

- a. Sea apropiada al propósito y contexto de la organización y apoye su dirección estratégica.
- b. Proporcione un marco de referencia para el establecimiento de los objetivos de la calidad.
- c. Incluya el compromiso de cumplir con los requisitos aplicables.
- d. Contenga el compromiso de mejora continua del Sistema de Gestión de la Calidad.
- e. Se encuentra disponible y se mantiene como información documentada
- f. Es comunicada, entendida y se aplica dentro de la organización;
- g. Está disponible para las partes interesadas pertinentes, según corresponda.

2.3.2. Objetivos de la Calidad

Los objetivos de calidad son el medio mediante el cual una organización enfoca sus esfuerzos para cumplir con su política de calidad. Estos objetivos permiten destacar los elementos clave de la política de calidad y establecer un eje central para los esfuerzos de las personas en la organización hacia la mejora continua. En esencia, los objetivos de calidad son el motor que impulsa la implementación de un Sistema de Gestión de Calidad efectivo

Según la norma ISO 9001:2015 los objetivos de la calidad deben ser tal que:

- a. Ser afines con la política de la calidad
- b. Ser medibles
- c. Considerar los requisitos aplicables
- d. Ser acertados para la conformidad de los productos y servicios y para el aumento de la satisfacción del cliente.
- e. Ser objeto de seguimiento.
- f. Ser comunicados.

- g. Actualizarse, según convenga.

2.3.3. Plan de Gestión de la Calidad

El Plan de Gestión de Calidad es un documento que describe los planes, procedimientos y herramientas que la Organización utilizará para cumplir con los requisitos (Contractuales, legales, organizacionales) establecidos por el Cliente en los distintos proyectos. La estructura de este Plan se basa en la norma ISO 9001:2015.

Para la elaboración del Plan de Gestión de Calidad del Proyecto, el Jefe de Calidad deberá tener en cuenta las siguientes entradas.

- Requisitos del Cliente: Legales y reglamentarios
- Evaluaciones del Riesgo
- Lista de recursos
- Planes complementarios

2.3.4. Plan de Puntos de Inspección

El Plan de Puntos de Inspección “PPI” (también denominado “Plan de Puntos de Control” o “Plan de Inspección y Ensayo”) describe los controles y criterios de aceptación de los trabajos que la Organización realizará para asegurar que los procesos constructivos de la obra cumplan con los requisitos exigidos por el cliente.

El PPI cubre todas las actividades asociadas a la construcción e identifica las actividades que serán inspeccionadas y ensayadas; y describe los criterios de aceptación, normas, nivel de inspección, frecuencia de ensayos aplicables a las mismas, así como los responsables del aseguramiento del proceso.

2.3.5. Matriz de Calidad

La Matriz de Calidad es una tabla de doble entrada que se elabora a partir de la identificación de los entregables de la obra, que generalmente son listados en la columna izquierda de la matriz, versus los controles (inspecciones y ensayos) representados a través de registros de control (protocolos) asociados a cada entregable, que generalmente son listados en la fila superior de la matriz.

Por medio de esta matriz se estima desde el inicio del proyecto la cantidad de registros de control que serán generados durante la etapa de ejecución de este. Esta herramienta nos permite:

- Cuantificar los recursos del área de calidad
- Mantener la trazabilidad de los registros por cada entregable
- Asegurar que cada entregable cuente con todos sus controles
- Identificar el estado de los entregables del proyecto

2.3.6. Equipos IME

Llamados así por ser equipos de Inspección, Medición y Ensayo (IME), estos equipos permiten al área de Calidad controlar el cumplimiento de los requisitos bajo los criterios de aceptación establecidos en los PPI's según el nivel de inspección.

Para su correcto control en campo, estos equipos deberán estar debidamente calibrados por una entidad acreditada por INACAL, el organismo público técnico especializado adscrito al ministerio de producción del Perú.

2.3.7. Aseguramiento de la Calidad

El Aseguramiento de la Calidad es aquella parte de la gestión de la calidad orientada a proporcionar confianza de que se cumplirán los requisitos del cliente y del proyecto.

En el aseguramiento de la calidad se emplearán las siguientes herramientas:

- ✓ Planes, procedimientos e instructivos.
- ✓ Capacitaciones
- ✓ Auditorías
- ✓ Encuesta de Satisfacción
- ✓ Indicadores de Gestión

2.3.8. Control de Calidad

Comprende todas las actividades que se llevan a cabo para verificar que la obra cumpla con los requisitos previstos (contratados) por el cliente. Para este fin, se emplea el Plan de Puntos de Inspección (PPI); documento que especifica los controles de calidad de los materiales y el producto.

El control de los materiales se realiza antes de cada tarea o subproceso de construcción, para lo cual se:

- Verifican las condiciones de recepción y almacenamiento.
- Verifican que los materiales cumplan con las especificaciones del proyecto.

- Verifican los certificados de calidad de los materiales.
- Realizan ensayo de materiales.
- El control de calidad del producto se realiza durante y al finalizar cada tarea o subproceso de construcción, para lo cual se:
- Elaboran registros de control (inspección y ensayo) de construcción.
- Verifican las calibraciones de los equipos IME.

2.4. Red de colectores

Los colectores primarios son redes de alcantarillado que recolectan aguas residuales de colectores afluentes de menores dimensiones de acuerdo con determinadas áreas de drenaje, estos colectores primarios son de diámetros de 350 mm en adelante. (*Chumpitazi José, 2019*).

En la ciudad de Lima, los colectores primarios conforman tuberías de diversos materiales cuyos diámetros varían desde 350 mm (14”) hasta 2400 mm (72”), según SEDAPAL. Asimismo, la red de colectores primarios se configura según la topografía del terreno y recorre las vías principales de la ciudad con dirección a los puntos de descarga final, hasta llegar a las plantas de tratamiento de aguas residuales y cursos de agua (mar y ríos).

2.4.1. Colector N°06

“Está compuesto por 1345 conductos (Conduits – tuberías a gravedad), 1340 buzones (Manhole) y 03 estructuras de salida (Outlet). Se inicia en la plaza Acho y continúa por la calle Loreto, Ramón Espinoza, Gutiérrez, Esteban Salmón, Santa Cruz, García Ribeyro, avenida Zarumilla, Prolongación Zarumilla, Riobamba, Perú, Quilca, cruza el aeropuerto Jorge Chávez hasta descargar en el Interceptor Norte.

El Colector presenta diámetros de 900, 1050, 1100, 1200, 1350 y 1500 mm recibiendo en su trayecto la descarga de los siguientes catorce (14) colectores: Colector Canto Grande, Emisor Wiese, Colector Bayóvar, Colector Las Flores, Colector Piedra Liza, Colector La Huayrona, Colector Zárate, Colector Leoncio Prado, Colector Amancaes, Colector Habich, Colector 3, Colector San Martín, Colector Junín y Colector Tacna” (*PLAN MAESTRO SEDAPAL – ANEXO B, 2014*)

2.4.1.1. Colector Canto Grande

Su trazo efectúa por las avenidas Wiese, Próceres de la Independencia, Santa Rosa, Marañón y Evitamiento, hasta descargar a la altura de la Plaza de Acho en el colector N°06, recolectando buena parte de los desagües del distrito de San Juan de Lurigancho” (PLAN MAESTRO SEDAPAL – ANEXO B, 2014”

2.5. Cámaras de inspección

Las cámaras de inspección son estructuras de concreto armado que se construyen transversalmente a la línea de alcantarillado que permite la operación y mantención de la red de alcantarillado; es decir, sirven como medio para inspeccionar el transporte del agua residual sus niveles y caudales, así como detectar obstrucciones en las tuberías y en las propias cámaras.

2.5.1. Tipos de cámara

2.5.1.1. Buzones

Son cámaras de inspección que se ubican en la misma dirección de la red de alcantarillado o con un leve cambio de dirección (ver Figura N°1), además están conformadas por cuerpos cilíndricos de buzones con diámetros de hasta 1.50 m (ver Figura N°2)

Figura N° 1

Plano en planta de un buzón con líneas en la misma dirección

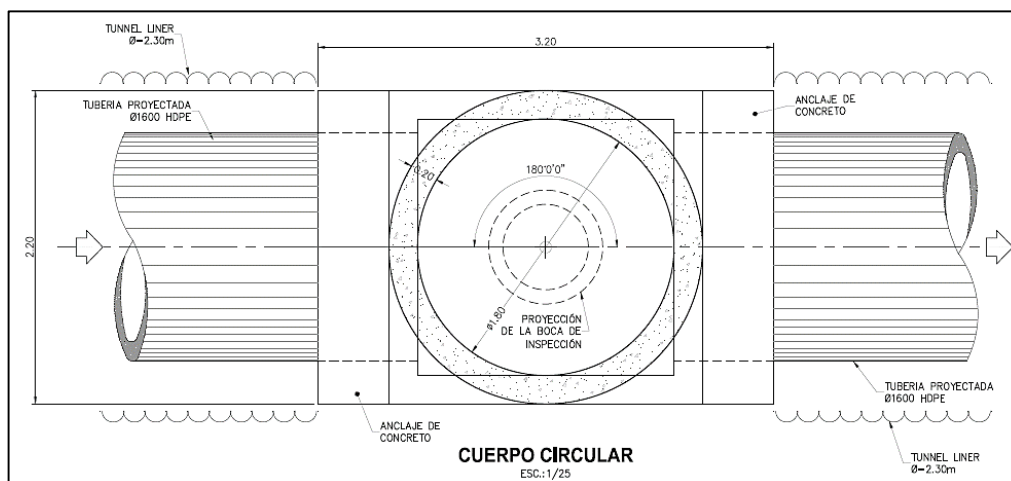
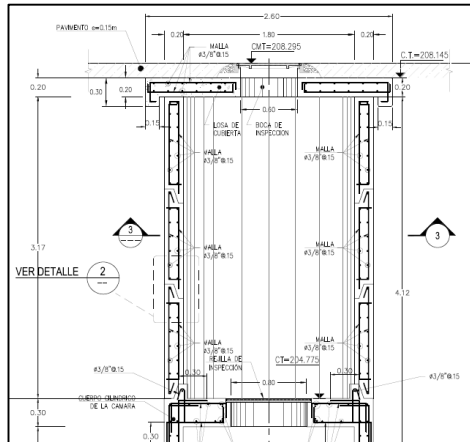


Figura N° 2

Sección de buzón conformada por anillos circulares



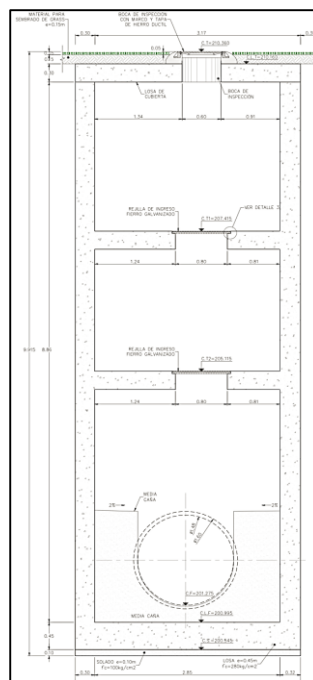
2.5.1.2. Cámaras de derivación

Son cámaras de inspección que se ubican en los cambios de dirección de la red de alcantarillado, por lo que desvían las aguas de su curso hacia otra dirección, además son de tamaño medianamente grande con una profundidad media de hasta 5.00 m.

Estas se configuran por una losa de fondo, media caña, muros, losas intermedias y losa superior (ver Figura N°3)

Figura N° 3

Sección de una cámara de derivación



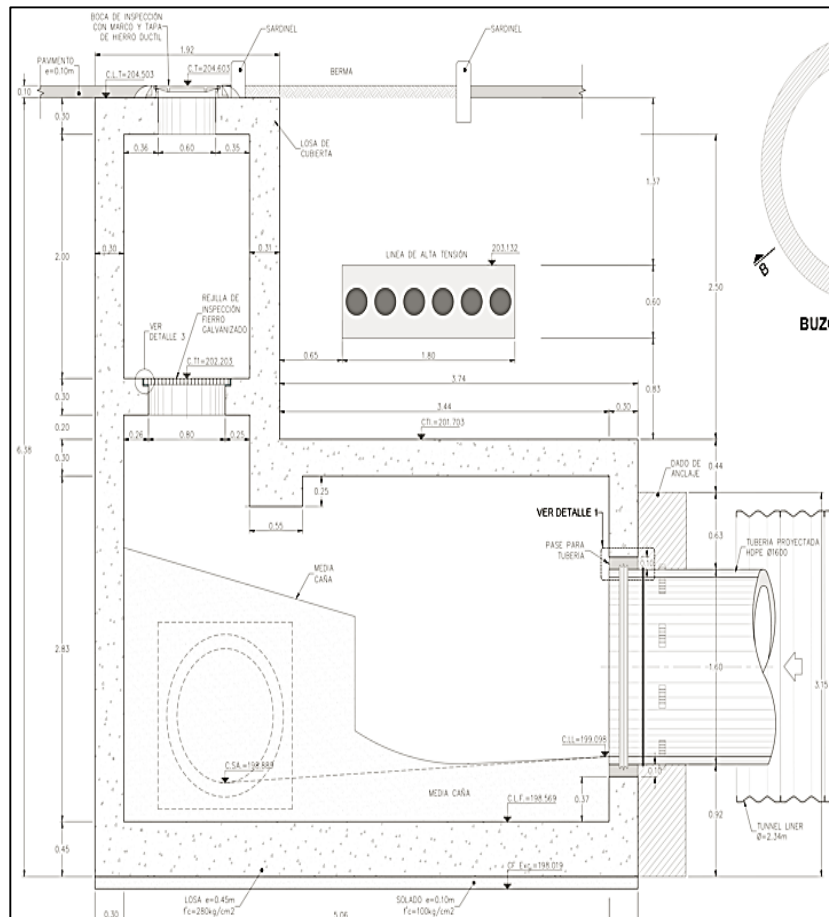
2.5.1.3. Cámaras de empalme

Este nombre recibe por la función original por la que se construyen estas cámaras en una reposición de red de alcantarillado, específicamente para los trabajos de empalme entre un tramo existente y uno nuevo, es por ello que deberán tener grandes dimensiones para facilitar estos trabajos.

Este tipo de cámaras presentan losa de fondo, media caña, muros, losas intermedias, chimenea y losa superior (ver Figura N°4)

Figura N° 4

Sección de cámara de empalme



2.6. Impermeabilización del concreto

Es el proceso de protección y sellamiento de las superficies para que el agua no filtre en ellas. Es decir, es el proceso para convertir a un concreto “impermeable”.

SIKA ha definido el concreto impermeable en términos de las propiedades de transporte más importantes para la penetración de agua: la permeabilidad y la absorción capilar.

Asimismo, resulta indispensable definir un parámetro que limite la formación de fisuras del material como lo es la retracción (ver Tabla N°1).

La permeabilidad en el concreto se refiere a la cantidad de migración de agua u otras sustancias líquidas por los poros del material en un determinado tiempo; y así ser el resultado de la composición de la porosidad en la pasta de concreto, la hidratación o la asociación con la liberación de calor o calor de hidratación y evaporación del agua de mezcla, la temperatura del concreto, y la formación de cavidades y grietas por contracción plástica en el concreto durante el tiempo de fraguado. (Vélez, 2010, p.173)

La absorción capilar representa el principal mecanismo de transporte agua y vapor de agua en concreto y el coeficiente de absorción capilar es usado para caracterizar la entrada de agua a materiales porosos (Wang et al., 2022)

Tabla N° 1

Propiedades y valores para la obtención de un concreto “impermeable”.

CRITERIOS DE DESEMPEÑO PARA UN CONCRETO IMPERMEABLE		
Ensayo	Valor	Norma
Absorción capilar	< 6 g/m ² /h	SIA 262/1 Anexo A
Penetración de agua	< 30 mm	EN 12390 Parte 8
Retracción por secado	< 0.07 % (28 días de secado)	ASTM C 157

Fuente. Sika Informaciones Técnicas

2.6.1. Impermeabilización por cristalización

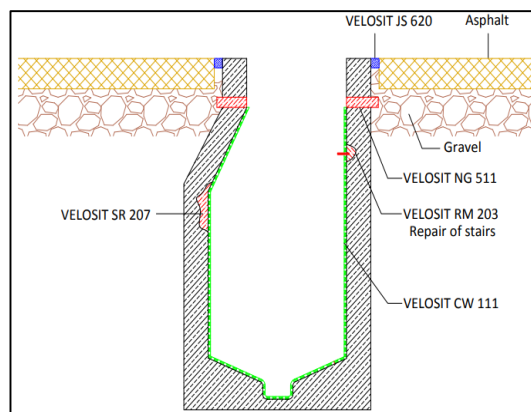
El transporte de la humedad por los poros de la estructura de hormigón tiene un papel importante en numerosos procesos ambientales y tecnológicos, llevando a la degradación el material de construcción (hormigón y mortero). Para evitar esta degradación del hormigón hay que bloquear el paso del agua y la disolución de sustancias externas que utilizan ésta para su transporte y posterior reacción dentro de la masa del material.

La impermeabilización por cristalización aprovecha los subproductos de la reacción de hidratación del cemento que permanecen durmientes en el hormigón. A partir de aquí, los productos químicos reaccionan con los subproductos de la hidratación del cemento (cal libre) en presencia de agua, lo que da lugar a la formación natural de cristales insolubles. Las zonas en contacto con el agua requieren este tipo de

impermeabilización (ver Figura N°5). Los cristales se forman en el interior de los poros, capilares y microfisuras del hormigón, creando una red de cristales de silicato de calcio hidratado (CSH). Esta red de cristales insolubles, con forma de aguja, rellena todas las microfisuras, poros y capilares, sellando el hormigón e impidiendo la entrada de agua.. (Impermeabilización Cristalina, Brown, C. Mayo 2025).

Figura N° 5

Primer Cristalino VELOSIT CW 111



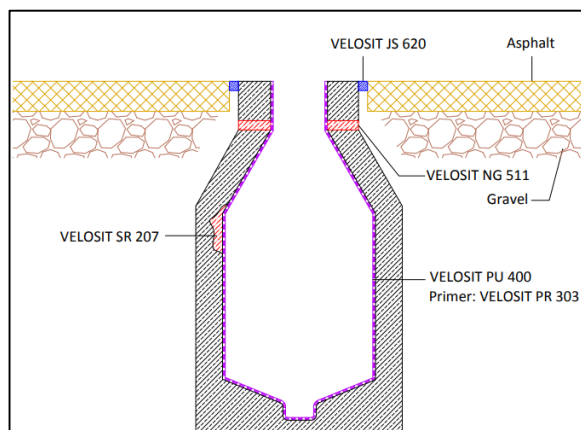
Fuente. Technical Drawing 108 Manhole repair and waterproofing

2.6.2. Impermeabilización con epóxico

Es la fase final de la impermeabilización donde consiste en la aplicación de un imprimante epóxico en todas las superficies críticas con alto contenido de humedad o en contacto con emisiones excesivas de vapores (ver Figura N°6)

Figura N° 6

Primer Epóxico VELOSIT PR 303



Fuente. Technical Drawing 109 Manhole repair and lining

2.7. Métodos de sostenimiento en excavaciones

2.7.1. Zanja Abierta con entibados

Es un método de excavación tradicional realizadas con medios manuales o mecánicos, según las dimensiones requeridas para su fin. La apertura de una zanja tiene dos fases: una de excavación y otra de entibación (ver Figura N°7), pudiendo presentarse o no esta última en función de las características del terreno, y el tiempo estimado en el que la zanja va a estar abierta. Cuando la excavación de la zanja se realice por medios mecánicos, además, será necesario que el terreno admita talud en corte vertical para esa profundidad.

Los productos de excavación de la zanja, aprovechables para su relleno posterior, se deberán acarrear a lugares de acopios debidamente señalizados para evitar mezclarse con materiales de préstamo.

Figura N° 7

Excavación con entibados metálicos en zanja abierta



Fuente. Krings Perú

2.7.2. Sistema TrenchLess con metodología Liner

Es un método de sostenimiento dentro del Sistema Trenchless (sin zanjas) y por ende no destructivo, que permite la excavación modulada (manual) del terreno, exponiendo un área discreta igual al diámetro de la poza liner (ver Figura N°8)

Este sistema constructivo consiste en una estructura flexible de acero corrugado, compuesto por planchas que pueden ser ensambladas totalmente desde su interior

mediante pernos y tuercas, tanto en sentido perimetral de la estructura como en el sentido longitudinal.

Para sistema liner horizontal se denomina túnel liner, tal y como lo indica la Figura N°9.

Ventajas:

- Tecnología simple que no requiere de equipos sofisticados
- Se puede trabajar en 2 turnos
- Empleo de mano de obra no muy especializada
- Evita la rotura de pavimentos y redes de servicios públicos
- No genera asentamiento de las vías
- No genera obstrucción de tránsito
- El material de las planchas posee excelente durabilidad en ambientes agresivos
- No genera contaminación acústica y del ambiente
- Se puede trabajar desde los 2 pozos: una entrada y una salida

Figura N° 8

Sistema de Sostenimiento mediante Poza Liner (vertical)

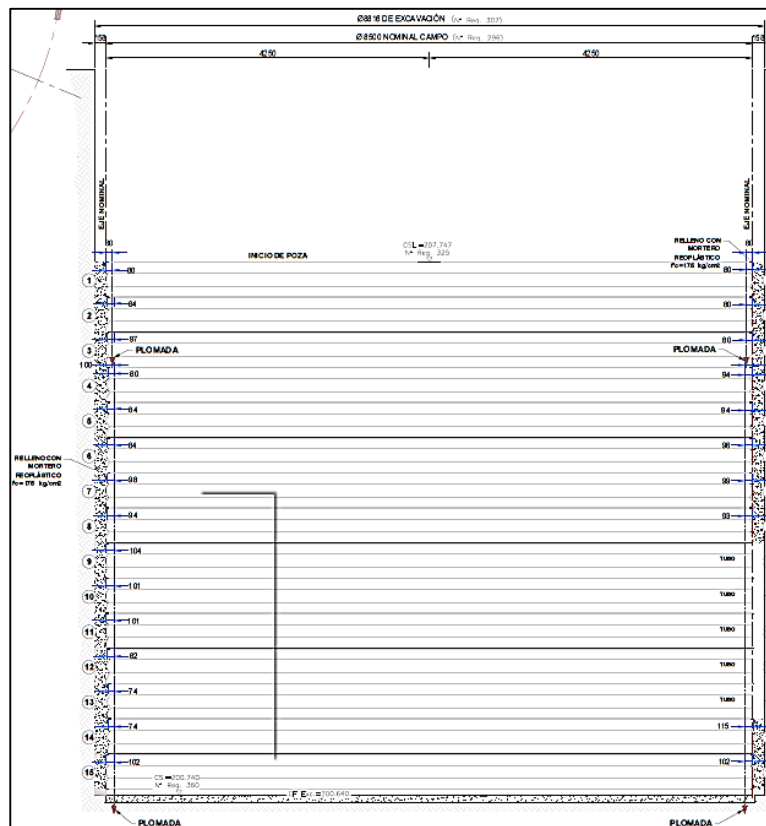
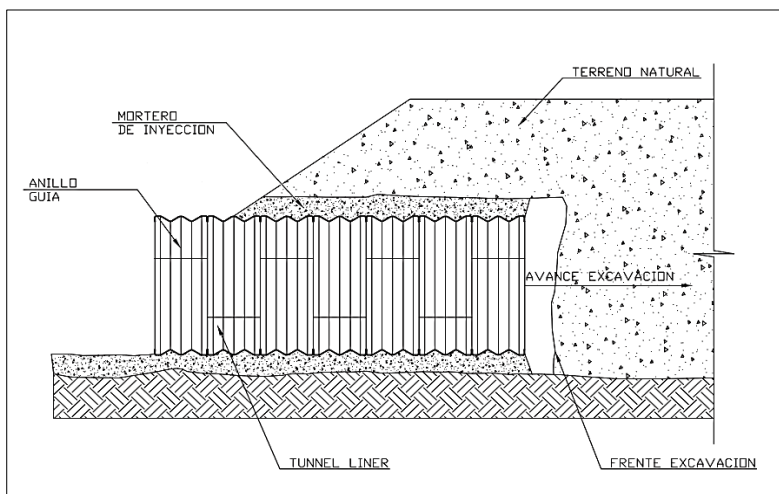


Figura N° 9*Sistema de Sostenimiento mediante Túnel Liner (horizontal)*

2.8. Tuberías HDPE

Las tuberías de polietileno de alta densidad o también conocidas como HDPE (High Density Polyethylene) son tuberías que presentan propiedades idóneas para proyectos de alcantarillado nuevos como también renovaciones. Entre las ventajas significativas que ofrece el HDPE son la resistencia a la corrosión y durabilidad, lo que garantiza una larga vida útil al sistema de alcantarillado, además que su ligereza facilita la instalación y reduce los costos asociados al transporte y mano de obra; además presentan inercia química, por lo que son resistentes a los ácidos inorgánicos (clorhídrico, sulfúrico), álcalis, entre otros.

Están diseñadas para conducir fluidos a presión. Fabricadas desde 32mm hasta 2,000mm de diámetro, bajo la norma técnica peruana ISO 8772:2009.

El material base (resina) debe ser considerada en el diseño de tuberías de HDPE en servicio a largo plazo mínimo 50 años y a 20°C. (NTP ISO 8772:2009.

Debido a su flexibilidad las tuberías HDPE tienen un buen comportamiento sísmico (Ver Tabla N°2), como lo sustenta Abanto, en resumen:

Luego de realizar el análisis en 3 diferentes velocidades sísmicas 30, 50 y 70 cm/s respectivamente se obtuvo como resultado que las tuberías con mejor comportamiento sísmico fueron las hechas de hierro dúctil, acero y las tuberías HDPE teniendo en promedio un índice de rotura inferior a 0.24 % por km ante un evento sísmico crítico. Las tuberías con mayor grado de vulnerabilidad fueron las hechas de asbesto cemento, pvc y fierro fundido teniendo un índice de rotura

superior a 0.35% por cada km de tubería ante un sismo grado IX en la escala de Mercalli. (2021, p.7)

Tabla N° 2

Promedio de rotura total ante sismos críticos

Material de Tub.	Promedio de rotura total por Km		
	Sismo Grado VII (30 cm/s)	Sismo Grado VIII (50 cm/s)	Sismo Grado IX (70 cm/s)
Asbesto	0.080	0.251	0.437
Acero	0.030	0.191	0.352
Concreto Reforzado	0.041	0.214	0.389
Fierro Fundido	0.040	0.215	0.400
Hierro Dúctil	0.020	0.200	0.290
PVC	0.067	0.240	0.364
HDPE	0.038	0.198	0.247

Fuente. Abanto, W. (2021)

2.9. Uniones entre tuberías HDPE

2.9.1. Electrofundición de tuberías con acople

La soldadura por electrofundición es la técnica de soldadura más común para unir tuberías de HDPE. Los accesorios o acoples de electrofundición con bobinas metálicas implantadas se colocan alrededor de dos extremos de las tuberías que se van a unir y la corriente pasa a través de las bobinas.

El calentamiento resistivo de las bobinas derrite pequeñas cantidades de la tubería y el acople y, al solidificarse, se forma una junta.

Los acoples empleados para la unión por electrofundición son regidos bajo la norma ASTM F1055 "Accesorios de polietileno tipo electrofundición para tuberías y tubos de polietileno de diámetro exterior controlado".

Figura N° 10

Unión entre tuberías mediante electrofusión con acople HDPE



2.10. Pruebas de uniones electrosoldadas

2.10.1. Prueba de humo

La prueba de humo es realizada para localizar conexiones directas e indirectas al sistema de alcantarillado de fuentes como las de agua pluvial, desagües de techo, drenajes de patios y tuberías de alcantarillado rotas.

La prueba de humo blanco se realiza por cada soldadura de tubería instalada a través de una máquina generadora de humo desde dentro de la tubería manteniendo una presión de 1 lb/pulg² durante la inyección del humo blanco, manteniendo sellado ambos extremos de las tuberías. (CTPS-ET-002_Rev.1 SEDAPAL, 2015)

La prueba tiene un tiempo de inyección que varía según el volumen que existe en el tramo de tubería instalada, para ello se debe realizar pruebas previas para evidenciar el llenado completo de humo en ambos extremos

Se realiza una inspección visual para detectar fugas de humo, en caso existiese se vuelve a soldar las tuberías con otro acople.

Figura N° 11

Prueba de humo a uniones electro soldadas de HDPE



2.10.2. Inspección televisiva

Una inspección de cámara es un procedimiento técnico que permite visualizar en detalle el interior de sus tuberías de aguas residuales. También conocida como inspección de video, inspección televisiva o teleinspección, esta técnica utiliza una cámara especial conectada a una pantalla a través de un cable flexible. La cámara transmite en tiempo real imágenes y graba videos del interior de las tuberías. Existen dos tipos principales de cámaras de inspección: las cámaras radiales, de pequeño tamaño, que son empujadas manualmente por el operador a través de las tuberías, y las cámaras autoimpulsadas, más grandes, que se desplazan con la ayuda de un carro motorizado (ver Figura N°12)

La inspección de cámara de las tuberías presenta varios beneficios importantes según Moreno:

Evaluar el estado de las tuberías: Esta intervención permite evaluar la antigüedad de las instalaciones, el grado de desgaste y acumulación de sarro en las columnas de desagüe de aguas residuales y aguas grises, la estanqueidad de los conductos y la calidad del flujo de agua, entre otros aspectos. Gracias a las imágenes y videos capturados por la cámara, es posible tener una visión detallada del estado de las tuberías e identificar posibles problemas.

Comprender la estructura de su red de desagüe: La inspección de cámara permite visualizar la conexión de las tuberías entre sí, la pendiente de la red y identificar las características específicas de su sistema. Esto proporciona una mejor comprensión del diseño y funcionamiento de sus tuberías, lo que puede ser valioso para el mantenimiento y futuros trabajos.

Detectar posibles anomalías: Gracias a esta inspección en profundidad, puede identificar grietas, pendientes defectuosas, obstrucciones, conexiones intrusivas que bloquean el flujo de materiales, raíces u objetos obstruyendo las tuberías. La detección temprana de estas anomalías permite tomar medidas correctivas de manera oportuna, evitando problemas más graves como fugas, inundaciones o rupturas de tuberías (2023, p.1).

Figura N° 12

Inspección Televisiva de tuberías mediante cámaras sobre ruedas



Capítulo III. Características del proyecto

3.1. Antecedentes

El domingo 13 de enero del 2019, en la Urb. Los Jardines del Distrito de San Juan de Lurigancho se produjo un aniego de grandes proporciones, debido al colapso del Colector Canto Grande que corre adyacente a la Estación Pirámide del Sol de la Línea 1 del Metro de Lima y Callao.

El sábado 26 de enero de 2019, COSAPI logró la puesta en marcha el sistema de bombeo con una línea de gravedad de HDPE 1000mm.

El domingo 27 de enero de 2019 desde las 7:00pm a 3:00am del siguiente día el caudal que pasó fue de 1800 lt/sg.

El viernes 08 de febrero de 2019, SEDAPAL da por iniciado la Fase 2 de los trabajos de emergencia.

El miércoles 14 de agosto de 2019, se culmina el bypass provisional de la Fase 2 trabajos de emergencia.

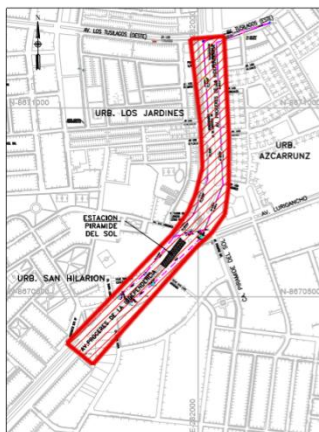
En enero de 2020, SEDAPAL aprueba el expediente técnico del proyecto “Construcción de solución definitiva en estación pirámide del Sol – S.J.L”.

3.2. Ubicación del proyecto

El Proyecto está ubicado en la Región Lima, Departamento de Lima, Provincia Constitucional de Lima y Distrito de San Juan de Lurigancho. El área de influencia del proyecto, se ubica en las cuadras 7, 8 y 9 de la av. Próceres de la Independencia (Ver Figura N°13), tramo en la que se ubica la Estación Pirámide del Sol de la Línea 1 del Metro de Lima, que pertenece al Distrito de San Juan de Lurigancho.

Figura N° 13

Ubicación del proyecto



Las variaciones de nivel en el área de estudio van desde los 203.65 m.s.n.m. hasta los 207.96 m.s.n.m. y geográficamente se encuentra entre los 77°01'13.97" de longitud y 12°00'50.98" de latitud.

3.3. Problemática en la zona existente

Tras el colapso del Colector Canto Grande se desprenden una serie de problemas hacia los habitantes de la zona, asociadas principalmente a las necesidades básicas de Agua y Alcantarillado.

Es por ello, que al ser una necesidad indispensable para las personas, se requirió de soluciones inmediatas tales como el sistema de bombeo, plan de desvío vehicular y peatonal, y de un ByPass Provisional ejecutado en el año 2019 en reemplazo del tramo de colector colapsado (Ver Figuras N°14 y N°15)

Figura N° 14

By pass provisional (color rosa) y tramo colapsado C-4 a BP-C3 (color verde)

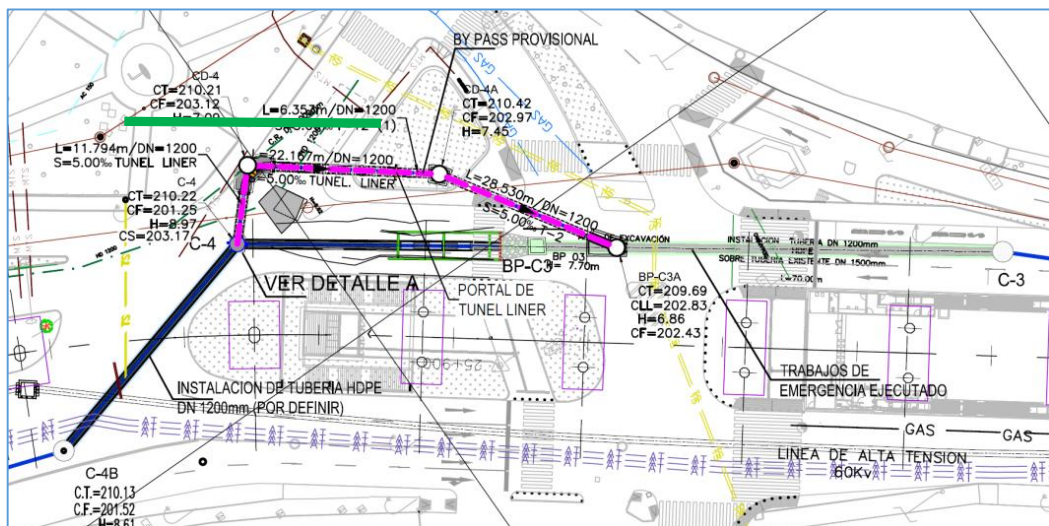


Figura N° 15

Tramo C-4 a BP-C3 colapsado y colmatado en tubería Polietileno Corrugado de 1500 mm

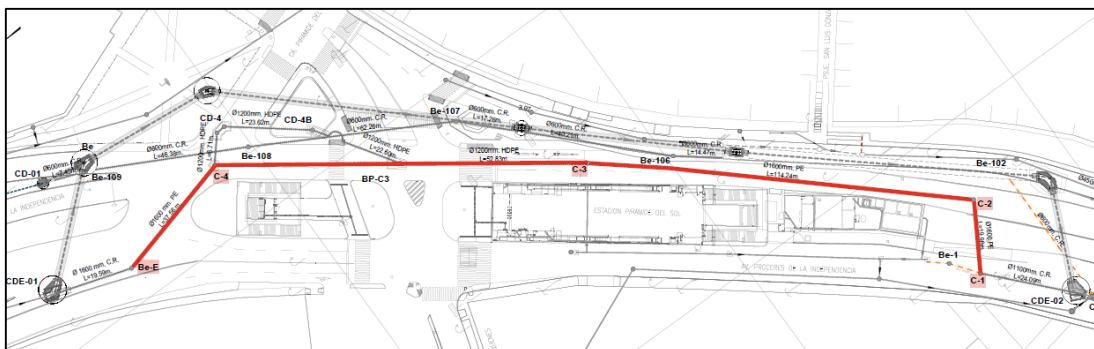


Diagnóstico Hidráulico

Según la Figura N°16, el tramo en abandono potencial, es el compuesto por 5 buzones: C-4B (Be-E), C-4, C-3, C-2 y C-1 con 297.05 metros lineales de tubería de polietileno corrugado de 1500 mm.

Figura N° 16

Tramo existente potencialmente en abandono



Luego de la inspección realizada en los buzones y colectores existentes, acompañado de un levantamiento topográfico y mediciones de caudales, se concluye un caudal máximo que corresponde al día 10 de febrero del 2019, medido en el período del 30.01.2019 al 13.02.2019; cuyo valor es 2,542 litros por segundo (Ver Tabla N°3)

Tabla N° 3

Reporte de diagnóstico hidráulico actual

El Diámetro nominal 1500mm coincide con el diámetro interior (AASHTO Designation: M 294-11)

Código de Bz. Inicial	Tramo		Cota de tapa		Cota de fondo		Distancia		q(l/s)		φ interior		S	n	Q(LLENO) l/s	y/D	v m/s	Tirante (m)	Altura de buzón	τ Pa	F
	Bz inicial	Bz final	Bz inicial	Bz final	Bz inicial	Bz final	Parcial	Acum	Tramo	Acum	mm	pulg									
C-4B	1	2	210.069	210.341	201.443	201.246	39.35	39.35	2542.00	2542.00	1500	59	5.01	0.009	9149	0.36	4.43	0.540	8.63	0.97	1.9
C-4	2	3	210.341	209.102	201.246	200.660	117.40	156.75	2542.00	2542.00	1500	59	4.99	0.009	9136	0.36	4.42	0.540	9.10	0.97	1.9
C-3	3	4	209.102	205.724	200.660	200.068	118.00	274.75	2542.00	2542.00	1500	59	5.02	0.009	9159	0.36	4.44	0.540	8.44	0.97	1.9
C-2	4	5	205.724	205.318	200.068	199.889	22.30	297.05	2542.00	2542.00	1500	59	8.03	0.009	11585	0.32	5.25	0.477	5.66	2.66	2.4
Con caída =							0.59 m	En el buzón C-1													

Además, el número de Froude en todos los tramos es mayor que 1; lo que indica que se genera flujo supercrítico. Con este tipo de flujo, se es más propenso a la emanación de gases, debido a las altas velocidades de este flujo, además de generar efectos corrosivos sobre el concreto y alto costo para el mantenimiento del colector.

Mejoramiento Hidráulico

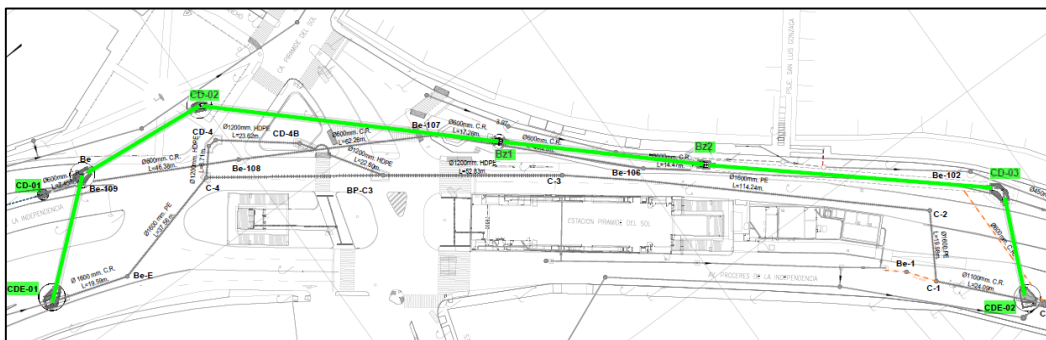
Tras el diagnóstico hidráulico y según la norma ISO 9001:2015 en su ítem 8.3 Diseño y desarrollo de los productos y servicios, establece que, para asegurar un producto o servicio con calidad, el contratista deberá establecer, implementar y mantener un proceso de diseño y desarrollo cumpliendo los requisitos reglamentarios y legales definidos para el proyecto, como son las Especificaciones Técnicas, el Reglamento Nacional de Edificaciones, la Norma Técnica Peruana y Normas Internacionales.

Para el diseño del tramo CDE-01 hasta CDE-02 (Ver Figura N°17) se establece el caudal de diseño 3.141 m³/s, que representa la capacidad máxima de la tubería de 1500mm de polietileno a reemplazar. Por otro lado, se eligen para el diseño las tuberías de polietileno de alta densidad (HDPE) y de textura liso, justamente para evitar la colmatación de las tuberías debido a la gran cantidad de sedimentos que fluye por el colector. Además, se tienen las siguientes consideraciones:

- Coeficiente de Maninig $n = 0.012$ (para diseño)
- Número de Froude $F = 1$ Flujo sub crítico o de río.
- Tensión tractiva $T = 1$ Pa. (auto limpieza)
- Velocidad máxima está en función al número de Froude = 1.
- Velocidad mínima = 0.60 m/s.
- Relación tirante diámetro máximo $y/D = 0.75$.

Figura N° 17

Tramo proyectado del Colector Canto Grande



Para lograr un régimen de flujo sub crítico se establece fijando el número de Froude igual o menor que 1; que se obtiene con un a pendiente de 3.29 por mil.

Para la toda la longitud de tubería 377.66 metros lineales, la pendiente de 3.29 por mil genera una caída de 1.927 metros en el empalme aguas abajo. Esta caída se distribuye

de la siguiente manera: en el buzón BzP-02. Se considera una caída de 1.42 metros y en la CDE-02 una caída de 0.507 metros.

Con los datos y consideraciones indicadas líneas arriba de modela con el software SEWERCAD, cuyo reporte se adjunta en Figuras N°18 y 19.

Figura N° 18

Diseño en planta de tramos en SEWERCAD

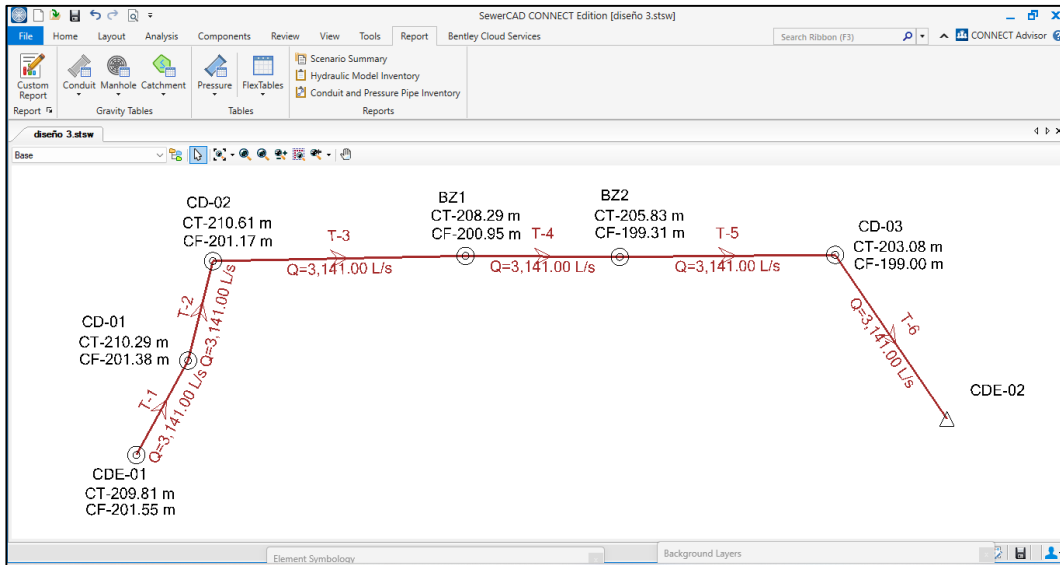


Figura N° 19

Perfil de tramos en SEWERCAD

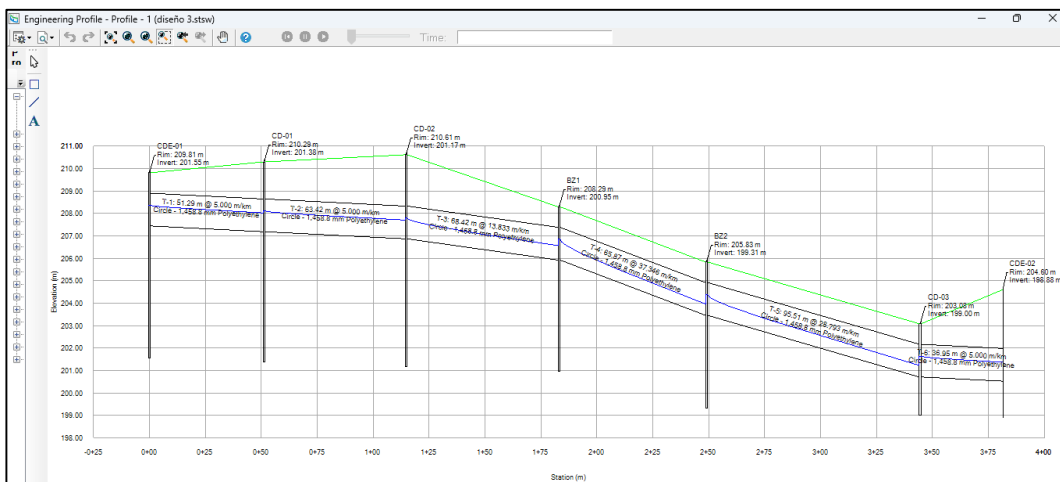


Tabla N° 4

Verificación de parámetros de diseño

PROYECTO: DISEÑO Y SUPERVISION DE CONSTRUCCION DE SOLUCION DEFINITIVA EN ESTACION PIRAMIDE DEL SOL																				
VERIFICACION DE DIAMETROS DE COLECTORES																				
n = 0.012 SN 4																				
Código de Bz. Inicial	Tramo	Cota de tapa		Cota de fondo		Distancia		q(l/s)		1600 mm		espesor= 70.6mm		v	Tirante (m)	Altura de buzón	τ Pa	F		
		Bz inicial	Bz final	Bz inicial	Bz final	Parcial	Acum	Tramo	Acum	φ mm	pulg	S m/km	Q(LLENO) l/s						y/D	
CDE-01	1	2	209.81	210.29	201.55	201.38	51.29	51.29	3141.00	3141.00	1458.80	57.4	3.290	4349.21	0.83	2.83	0.916	8.26	13.66	0.9
CD-01	2	3	210.29	210.61	201.38	201.17	63.42	114.71	3141.00	3141.00	1458.80	57.4	3.290	4349.21	0.83	2.83	0.916	8.91	13.66	0.9
CD-02	3	4	210.61	208.29	201.17	200.95	68.42	183.13	3141.00	3141.00	1458.80	57.4	3.290	4349.21	0.83	2.83	0.916	9.44	13.66	0.9
BZ1	4	5	208.29	205.83	200.95	200.73	65.87	249.00	3141.00	3141.00	1458.80	57.4	3.290	4349.21	0.83	2.83	0.916	7.34	13.66	0.9
BZ2	5	6	205.83	203.08	199.31	199.00	95.51	344.51	3141.00	3141.00	1458.80	57.4	3.290	4349.213	0.83	2.83	0.916	6.52	13.66	0.9
CD-03	6	7	203.08	204.60	199.00	198.88	36.95	381.46	3141.00	3141.00	1458.80	57.4	3.290	4349.213	0.83	2.83	0.916	4.08	13.66	0.9

Con caída = 0.00 m Caída en BZ-02= 1.42m
0.40 m Caída en CDE-02= 0.40m

Con los resultados obtenidos en la Tabla N°4, se da inicio al aseguramiento de la calidad del nuevo tramo aprobado por el Cliente, y como complemento se presentarán los procesos constructivos, plan de puntos de inspección y finalmente las pruebas de calidad para dar conformidad a la instalación de las tuberías.

3.4. Estudios básicos del proyecto

Se ha obtenido información de la zona de estudio referente a los aspectos de: topografía, hidrología, geología, clima e hidráulica; que a continuación trataremos en detalle:

3.4.1 Topografía

Conforme a los requerimientos de SEDAPAL, para tender la red altimétrica del proyecto, se ha ejecutado un arrastre de nivelación desde un BM oficial del IGN hasta los BMs ubicados dentro del área del proyecto que en este caso vienen a ser vértices de la poligonal principal (8 BMs) y secundaria (3BMs), sobre los cuales se ha hecho el arrastre de nivelación. En la Tabla N°5 se presentan los BMs del Proyecto.

La metodología del trabajo seguido es la que corresponde a una nivelación geométrica cerrada, que se realiza por tramos. El establecimiento de los BM'S para el Proyecto tuvo como referencia principal el BM oficial del IGN denominado PI-1, con cota 199.7607msnm, ubicado cerca del área de estudio, en la esquina de la Av. Próceres de La Independencia y la Calle Eleboros, frente al local del Teatro Municipal.

Tabla N° 5

Nivelación de Vértices de la Poligonal Principal (circuito cerrado)

1	2	3	4	5	6	8	9
EST	PV	Lat	Lad	Ap	COTAS	ERROR COMP	COTAS COMP
E1	BM CW4	1.585			209.285		209.285
	BM CW3		0.844	0.741	210.026	-0.000269	210.027
E2	CW3	0.543			210.026		
	BM CW2		1.307	-0.764	209.262	-0.000538	209.263
E3	CW2	1.337			209.262		
	PC4		0.646	0.691	209.953	-0.000808	209.954
E4	PC4	1.861			209.953		
	BM CW1		0.722	1.139	211.092	-0.001077	211.093
E5	CW1	0.639			211.092		
	PC5		1.702	-1.063	210.029	-0.001346	210.031
E6	PC5	1.432			210.029		
	BM CTEL-50		1.243	0.189	210.218	-0.001615	210.220
E7	CTEL-50	1.064			210.218		
	PC1		1.107	-0.043	210.175	-0.001885	210.177
E8	PC1	1.563			210.175		
	BM CW-7		1.020	0.543	210.718	-0.002154	210.721
E9	CW-7	1.279			210.718		
	PC2		1.372	-0.093	210.625	-0.002423	210.628
E10	PC2	1.178			210.625		
	BM CW6		1.491	-0.313	210.312	-0.002692	210.315
E11	CW6	1.468			210.312		
	PC3		1.273	0.195	210.507	-0.002962	210.510
E12	PC3	1.123			210.507		
	BM CW5		1.238	-0.115	210.392	-0.003231	210.396
E13	CW5	0.827			210.392		
	BM CW4		1.9375	-1.111	209.282	-0.003500	209.285

Fuente. Expediente Técnico del proyecto

Como parte del aseguramiento de la calidad, en la Figura N°20, se muestra que el punto PI-1 se certifica como BM oficial con su ficha técnica emitida por el IGN como BM oficial. Además, las mediciones topográficas realizadas para el el diseño y verificación de la poligonal fueron realizadas con equipos topográficos calibrados (Ver Figura N°21)

Figura N° 20

Ficha Técnica de BM

INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL DIRECCIÓN DE GEODESIA		
DESCRIPCIÓN DE MARCA DE COTA FIJA (BM)		
DEPARTAMENTO:	CARACTERÍSTICAS:	DESIGNACIÓN:
LIMA	DISCO DE BRONCE DE 9 CM DE DIAMETRO	PI-1
PROVINCIA:	ESTABLECIDA POR:	ELEVACION (M)
LIMA	INSTITUTO GEOGRÁFICO NACIONAL	199,7807
LÍNEA:	CÓDIGO DE HDJA:	ORDEN:
LIMA - METROPOLITANA	Plano de Lima Esc. 1:25 000 Hoja N° 2	1 or
TRAMO: AV. PROCERES DE LA INDEPENDENCIA	ESTAMPADO:	DATUM:
	PI-1-2001	S.N.M.M
<p>DESCRIPCIÓN:</p> <p>En la intersección de la Av. Proceres de la Independencia con el Jr. Los Eleboros, partiendo del BM CC.J.1 bifurcación de la Av. Proceres de la Independencia con el Malecón Checa, la marca está al NE a 1.40 km. incrustada en la vereda de concreto de la berma central.</p> <p>MARCA DE COTA FIJA</p> <p>Es un disco de bronce de 9 cm. de diámetro incrustada en una vereda de concreto de 10.00 m. de largo, por 4.10 m. de ancho y a 0,15 m. más alto con respecto a la avenida.</p> <p>REFERENCIAS:</p> <ol style="list-style-type: none"> Desde la puerta No 752 "SIDER PERU", con azimut magnético de 270° esta a 34' u0 m. Desde un poste de alumbrado público, con azimut magnético 35° esta a 3.20 m. Desde el centro del pequeño parque en forma de Triángulo, con azimut magnético 160° esta a 50.00 m. <p>El terreno alrededor es urbanizado.</p>		
ELABORADA POR:	JEFE PROYECTO:	FECHA:
ENCISO / A TOCHE	TTE J. SAENZ A.	AGO - 2001

Figura N° 21

Certificado de Calibración de Equipo Topográfico

GEO SYSTEMS		Trimble	
1406076			
Certificado de Servicio de Calibración			
Nombre Cliente:	COSAP S.A.	No. Certificado:	13-042
Equipo:	NIVEL AUTOMÁTICO		
Marca:	PENTAX		
Modelo:	AT1-521		
Número de Serie:	88837		
<p>GEO SYSTEMS S.A.C. certifica que el equipo topográfico arriba descrito cumple con las especificaciones técnicas de la fábrica y los estándares internacionales establecidos (DIN 15723).</p> <p>Asimismo, GEO SYSTEMS S.A.C. certifica que el instrumento identificado arriba ha sido calibrado en concordancia con los procedimientos de calibración establecidos por el fabricante.</p>			
Patrón:	<p>Cinta métrica, marca Yamayo, modelo NR 50, número de serie: 0690001</p> <p>Certificado de calibración LLA-036-2018 emitido por Laboratorio de Longitud y Ángulo - Dirección de Metrología - INACAL - Instituto Nacional de Calidad</p> <p>Estación Total marca Trimble, modelo M3 DR 1', número de serie D015282</p> <p>Certificado de Calibración 152303001 emitido por el Centro Español de Metrología - CEM</p>		
Certificados:	Certificado de Centro de Servicio Autorizado por Trimble Navigation Ltd.		
Resultado de la calibración:	Se indican en la hoja 2 del presente Certificado de Servicio.		
Condiciones ambientales de medición:	Temperatura: 25 °C con variaciones que no excederán + 0,5 °C		
	Humedad Relativa: 43 %		
Fecha de calibración:	23/01/2019		
Lugar de calibración:	Centro de Servicio Técnico Autorizado - Geo Systems S. A.C.		
Observaciones:	<p>Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 10 mediciones.</p> <p>Se coloca una etiqueta indicando fecha de calibración y número de certificado.</p> <p>La periodicidad de la calibración está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.</p>		
<ul style="list-style-type: none"> La responsabilidad del usuario es establecer la fecha de una nueva calibración del instrumento. El tiempo de validez de los resultados contenidos en el presente documento depende tanto de las características del instrumento como del uso permitido para su manejo y uso. Este Certificado no es válido si el equipo o sus características que ha indicado por los datos aquí contenidos, los resultados de calibración al momento y condiciones en que se efectuaron las mediciones. Se garantiza la trazabilidad a los patrones nacionales. No se permite la reproducción parcial de este documento sin autorización expresa para ello. 			
Página 1 de 2			
<p>GEO SYSTEMS S.A.C. Telf: +511 935 2630 soporte@geosystemsperu.com www.geosystemsperu.com</p> <p>Av. Juan Pablo II 8602, Urb. Cáravelos, San Isidro, Lima 07 - Perú</p>			

3.4.4 Estudio Geotécnico

3.4.4.1 Perfil Estratigráfico

Por su ubicación el área de estudio se encuentra en la Zona 4, con un factor de zona $Z=0.45$ (Ver Figura N°22)

Figura N° 22

Mapa de intensidades sísmicas



Fuente. Norma E.030 Diseño Sismo Resistente 2016

Para establecer las condiciones geotécnicas del terreno de fundación de las cimentaciones para las cámaras de inspección se ejecutaron calicatas para las cámaras CD-03 (C-1) y CDE-02 (C-2) y perforaciones diamantinas para las cámaras CDE-01 (SD-1), CD-01 (SD-2) y CD-02 (SD-3). Se muestran los resultados en la Tabla N°6.

Tabla N° 6

Resumen de las Condiciones de Cimentación

Estructura N°	Tipo de suelo	Profundidad de cimentación (Df)	Capacidad Portante (Kg/cm ²)	Asentamiento	Empujes laterales	Tipo de cimiento	Tipo de Cemento	Parámetros sísmicos
Cámara de Derivación CDE-02 (Calicata C-2)	Suelos gravosos con matriz arenosa, en estado semicompacto a compacto,	A la profundidad de 6.63 m, medido con respecto de la cota de terreno 204.603 msnm	11.3	1"	$K_A = 0.293$ $K_p = 3.41$ $K_0 = 0.45$	Platea de cimentación	Cemento Portland tipo V/HS	$S_1 = 1.0$ $T_p(s) = 0.4$ $Z = 0.45$ $TL(s) = 2.5$
Cámara de Derivación CD-03 (Calicata C-1)	Suelos gravosos con matriz arenosa, en estado semicompacto a compacto	A la profundidad de 4.65 m, medido con respecto de la cota de terreno 203.10 msnm	10.5	1"	$K_A = 0.31$ $K_p = 3.27$ $K_0 = 0.47$	Platea de cimentación	Cemento Portland tipo V/HS	$S_1 = 1.0$ $T_p(s) = 0.4$ $Z = 0.45$ $TL(s) = 2.5$
Cámara de Derivación CDE-01 (perforación diamantina SD-01)	Suelos gravosos con matriz arenosa, en estado semicompacto a compacto	A la profundidad de 8.76 m medido con respecto de la cota de terreno 209.805 msnm	10.5	1"	$K_A = 0.29$ $K_p = 3.39$ $K_0 = 0.46$	Platea de cimentación	Cemento Portland tipo V/HS	$S_1 = 1.0$ $T_p(s) = 0.4$ $Z = 0.45$ $TL(s) = 2.5$
Cámara de Derivación CD-01 (perforación diamantina SD-02)	Suelos gravosos con matriz arenosa, en estado semicompacto a compacto	A la profundidad de 9.43 m, medido con respecto de la cota de terreno 210.27 msnm,	13	1"	$K_A = 0.29$ $K_p = 3.39$ $K_0 = 0.46$	Platea de cimentación	Cemento Portland tipo V/HS	$S_1 = 1.0$ $T_p(s) = 0.4$ $Z = 0.45$ $TL(s) = 2.5$
Cámara de Derivación CD-02 (perforación diamantina SD-03)	Suelos gravosos con matriz arenosa, en estado semicompacto a compacto	A la profundidad de 9.50 m, medido con respecto de la cota de terreno 210.20 msnm	14.5	1"	$K_A = 0.29$ $K_p = 3.39$ $K_0 = 0.46$	Platea de cimentación	Cemento Portland tipo V/HS	$S_1 = 1.0$ $T_p(s) = 0.4$ $Z = 0.45$ $TL(s) = 2.5$
Buzón BzP-01	Suelos gravosos con matriz arenosa, en estado semicompacto a compacto	A la profundidad de 7.92 m, medido con respecto de la cota de terreno 208.295 msnm	15.5	1"	$K_A = 0.29$ $K_p = 3.39$ $K_0 = 0.46$	Platea de cimentación	Cemento Portland tipo V/HS	$S_1 = 1.0$ $T_p(s) = 0.4$ $Z = 0.45$ $TL(s) = 2.5$
Buzón BzP-02	Suelos gravosos con matriz arenosa, en estado semicompacto a compacto	A la profundidad de 9.50 m, medido con respecto de la cota de terreno 205.822 msnm,	13	1"	$K_A = 0.29$ $K_p = 3.39$ $K_0 = 0.46$	Platea de cimentación	Cemento Portland tipo V/HS	$S_1 = 1.0$ $T_p(s) = 0.4$ $Z = 0.45$ $TL(s) = 2.5$

Fuente. Expediente Técnico del Proyecto

3.4.4.2 Contenido de Sales

La Tabla N°7 muestra los resultados del análisis físico-químico efectuado con muestras representativas del subsuelo, fundamental para saber los agentes a los que estarán expuestas las estructuras de concreto armado enterradas.

Tabla N° 7*Resultados de Análisis Químico*

Exploración N°	Profundidad (m)	Cloruros (ppm)	Sulfatos (ppm)	Sales solubles totales (ppm)	pH
SD-01 (CDE-01)	8.75 – 10.10	234.66	127.47	1182	8.47
SD-02 (CD-01)	8.70 – 9.50	222.31	85.52	1068	7.52
SD-03 (CD-02)	8.40 – 10.10	25.53	1.15	114.4	7.4
C - 1 (CD-03)	4	115.06	129.35	885	7.5
C - 1 (CD-03)	4.5	143.82	168.8	957	7.37
C - 1 (CD-03)	5	369.83	294.5	2436	7.28
C - 1 (CD-03)	6.5	32.87	49.38	357.6	9.05
C - 1 (CD-03)	7.5	28.76	19.33	228.6	7.75
C - 1 (CD-03)	8.5	36.98	16.82	234.6	7.74
C - 2 (CDE-02)	4.5	20.55	186.63	705	10.53
C - 2 (CDE-02)	5	26.71	136.54	514.5	8.76
C - 2 (CDE-02)	5.3	30.82	35.86	352.2	7.51
C - 2 (CDE-02)	7	55.47	65.41	299.4	8.62

Fuente. Expediente Técnico del Proyecto

De acuerdo con la Norma E.050 Suelos y Cimentaciones del Reglamento Nacional de Edificaciones, el límite máximo aceptable de ion cloro presente en el suelo es de 0.15% (1,500 ppm) por lo que en ese punto aseguramos la calidad del subsuelo.

Por otro lado, la Tabla N°8 muestra los límites del contenido de sulfatos soluble en agua presente en el suelo como porcentaje en peso:

Tabla N° 8*Concreto Expuesto a Soluciones de Sulfatos*

Exposición sulfatos	Sulfato soluble en agua (SO ₄) ¹ , presente en el suelo, % en peso	Sulfato (SO ₄) en agua ppm	Tipo de cemento	Relación máxima agua/cemento en peso ¹	Concreto con agregados de peso normal y ligero Resistencia mínima a compresión, f _c MPa ¹
Depreciable	0.00 ≤ SO ₄ < 0.10	0.00 ≤ SO ₄ < 150	---	---	---
Moderado ²	0.10 ≤ SO ₄ < 0.20	150 ≤ SO ₄ < 1500	II, IP(MS), IS(MS), P(MS), I(PM)(MS), I(SM)(MS)	0.5	28
Severo	0.20 ≤ SO ₄ < 2.00	1500 ≤ SO ₄ < 10000	V	0.45	31
Muy Severo	SO ₄ > 0.10	SO ₄ > 10000	V más puzolana ³	0.45	31

Fuente. Norma E.060 Concreto Armado

Notas.¹ Puede requerirse una relación agua-cemento menor o una resistencia más alta para lograr baja permeabilidad, protección contra la corrosión de elementos metálicos embebido, o contra congelamiento y deshielo.

² Agua de mar

³ Puzolana que se ha determinado por medio de ensayos o por experiencia que mejora la resistencia a sulfatos cuando se usa en concretos que contiene Cementos Tipo V.

En consecuencia, según la Tabla N°08 y el Capítulo 21 del NTE E.060, la resistencia mínima a usarse en las cámaras y buzones es de 28Mpa o su equivalente de 280 kg/cm², cumpliendo y asegurando la calidad en el diseño.

3.4.4.3 Alternativas de excavación para instalación de tuberías

Se tiene una gama de métodos de excavación sin zanja para la instalación de tuberías, sin embargo, dado que se tiene definido en el estudio hidráulico que el material de diseño y el diámetro de las tuberías a instalar en el colector es de polietileno de alta densidad (HDPE) de 1600 mm, las alternativas se reducen a las siguiente:

Horizontal Directional Drilling (HDD), Pipe Jacking and Microtunneling y Túnel Liner. Además, se adiciona el método de excavación convencional: Zanja Abierta con entibados modulares como sostenimiento.

En el tramo T-5, no se tuvo un estudio completo de interferencias debido a problemas con las instalaciones de las viviendas aledañas al tramo en evaluación. Por lo que ha pedido del Cliente se solicitó intervenir este tramo mediante el método convencional a Zanja Abierta, con la intención de reparar y renovar las instalaciones de redes secundarias aledañas al tramo.

Criterios Técnicos

Se establecen 06 variables de evaluación del uso de algún método de excavación:

Precisión: Este criterio va directamente relacionado con el grado de precisión que solicite el proyecto, y esto según la importancia y la envergadura del mismo.

Longitud: Es necesario conocer la longitud del tramo a instalar, debido a que ciertos métodos tienen más ventaja que otros.

Profundidad: Es importante evaluar la profundidad de instalación de la tubería.

Suelo: Conocer las condiciones del suelo nos advierte de alguna situación inestable y de esta manera usar el método más adecuado.

Interferencias: Factor importante para determinar el método convencional y no convencional.

Costo: Factor importante en la elección de algún método, se presentarán cotizaciones

Evaluación de métodos

Para los fines de determinar el método de excavación más conveniente se asignarán puntajes a cada criterio según la consideración siguiente:

0: No Aplica

5: Malo

10: Regular

15: Bueno

20: Muy bueno

Tabla N° 9

Evaluación de métodos de excavación para instalación de tuberías

Criterios	Perforación Horizontal Dirigida (HDD)	Pipe Jack and Microtunneling	Túnel Liner	Zanja Abierta c/Entibados
Precisión: Alta	10	20	20	20
Longitud: prom. 50m	5	20	20	20
Profundidad: 8 m	5	20	20	10
Suelo: Granular	15	20	20	20
Riesgo: Menor posible	20	20	15	5
Interferencias: Definida	20	20	20	5
Costo: Menor posible	15	5	15	10
PUNTAJE TOTAL	90	125	130	90

Según Rodríguez, Molano y Vargas (2016), en base a datos expuestos en los estudios de selección de tecnología trenchless para procesos de construcción de alcantarillado se elabora la Tabla N°9, donde podemos concluir que los métodos más idóneos para instalar las tuberías son el Túnel Liner y el Pipe Jack and Microtunneling.

Por otro lado, en materia de impactos negativos colaterales tenemos el impacto social, económico y ambiental, por lo que es importante analizar cualitativa y cuantitativamente para determinar el método o en su defecto minimizar los efectos generados (Rodríguez de Carvalho, 2007).

Impacto Social: Son impactos generados a la población no tangibles tales como el estrés, molestia, cambio de rutas de acceso, tráfico, reducción de espacios para estacionamiento, tiempos de viaje.

Impacto Económico: Son aquellos afectan directa o indirectamente a la población tales como reducción o cese de comercio, reducción de alquiler de estacionamientos, mayor consumo de combustible por desvío de rutas.

Impacto Ambiental: Son aquellos generados por el método de ejecución como son el ruido y polvo.

Se presenta la Tabla N°10, donde el criterio de puntuación es el siguiente:

0: No Aplica

5: Malo (mucho impacto)

10: Regular (regular impacto)

15: Bueno (bajo impacto)

20: Muy bueno (casi nulo el impacto)

Tabla N° 10

Impactos negativos colaterales de métodos de excavación

Costo de Impacto	Pipe Jacking and Microtunneling	Túnel Liner	Zanja Abierta con entibados
Social	15	20	5
Económico	15	15	5
Medio Ambiente	15	20	5
TOTAL	45	55	15

Se deduce que el Túnel Liner es una alternativa muy buena por tener bajo impactos colaterales, sobretodo se diferencia de manera particular con el Pipe Jacking debido a que este último genera altos decibeles de ruido y esto repercute en la población (social) y en el medio ambiente.

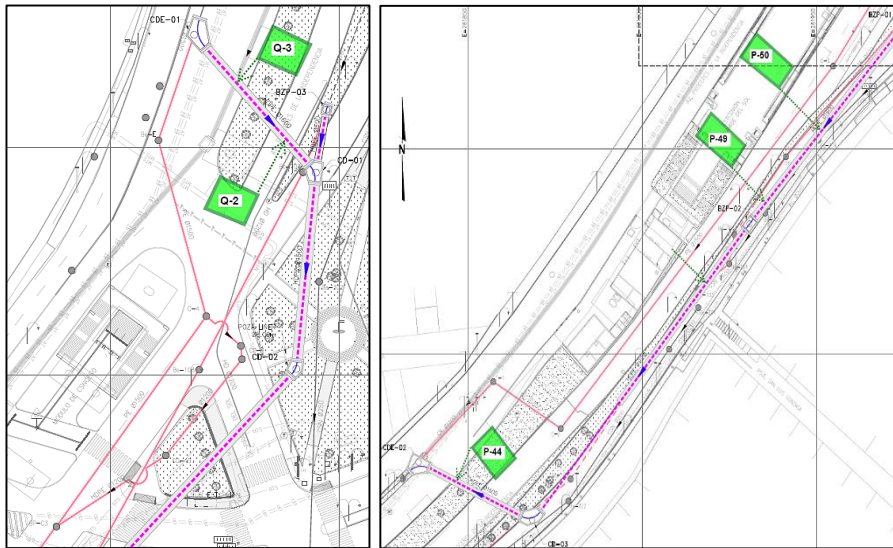
Finalmente, el método de túnel liner genera menos costo de reposición de pavimentos, debido a que todo se desarrolla en las pozas de ingreso y salida de las tuberías, y son precisamente estas áreas las que se reponen al final del proyecto.

3.4.4.4 Influencia de zapatas del tren eléctrico

Para la evaluación, las zapatas Q-2 y Q-3 tienen una menor distancia con posible afectación al tramo T-1, además las zapatas P-49 y P-50 afectarían al Tramo T-4 y por último la P-44 tiene un recorrido de influencia corto con el tramo T-6, según muestra la Figura N°23.

Figura N° 23

Zapatas del tren eléctrico con influencia al túnel liner



En la Figura N°24 se muestra la sección típica de una zapata del tren eléctrico, donde:

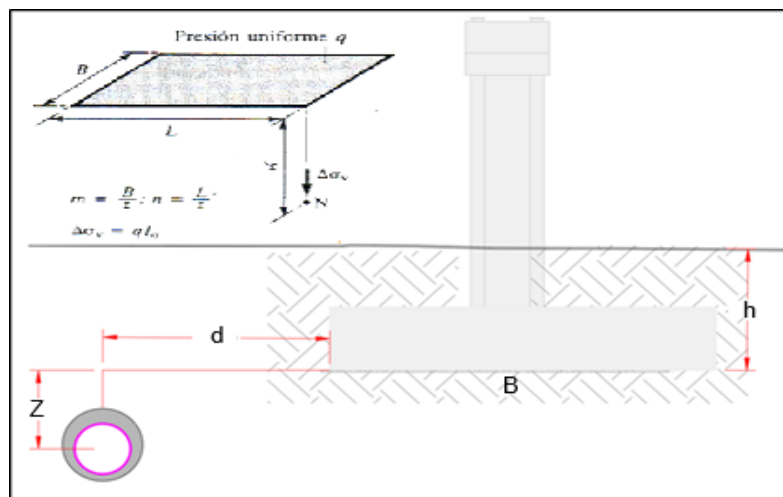
B: Ancho de zapata

L: Largo de zapata

Z: Profundidad de análisis

Figura N° 24

Sección típica de Zapata y su influencia con el túnel liner



La presión total que transmite la zapata (σ_v) se obtiene sumando la sobrecarga total por el peso del material de relleno más un incremento de esfuerzo debido a la zapata.

La Presión de sobrecarga total se calcula multiplicando la densidad del material de relleno por la altura, y es la que representa el 95% de la presión total (σ_v) transmitida al túnel. Los resultados de las presiones totales de las zapatas del tren eléctrico generadas al túnel liner se presentan en la Tabla N°11.

Tabla N° 11

Presiones Totales de zapatas del tren eléctrico al túnel liner

ítem	Zapatas	Tramo Afectado	Presiones Totales (ton/m ²)	Fluencia del túnel liner (ton/m ²)
1	P-49	Tramo T-4	5.44 a 6.965	19,370
2	P-50	Tramo T-4	5.44 a 6.965	19,370
3	Q-2	Tramo T-1	12.21 a 12.90	19,370
4	Q-3	Tramo T-1	12.21 a 12.90	19,370
5	P-44	Tramo T-6	10.58	19,370

Se deduce que las estructuras de acero corrugado del túnel liner de los tramos influenciados T-1, T-4 y T-6 soportan la influencia de presiones de las zapatas del tren eléctrico considerando el área de influencia del mecanismo de falla.

3.5. Descripción de los componentes del proyecto

El proyecto se plantea construir en 2 etapas bien marcadas; en la primera etapa se deberá instalar el Sistema de Bombeo de Aguas Residuales, la Excavación de pozas Liner o Zanja Abierta, construcción de túnel liner, construcción de cámaras e instalación de tuberías HDPE.

La Segunda Etapa se dará inicio después de la instalación de tuberías HDPE, donde se realizará la reposición de toda estructura existente: áreas verdes, pavimentos, semaforización, entre otros.

3.5.1 Obras Provisionales

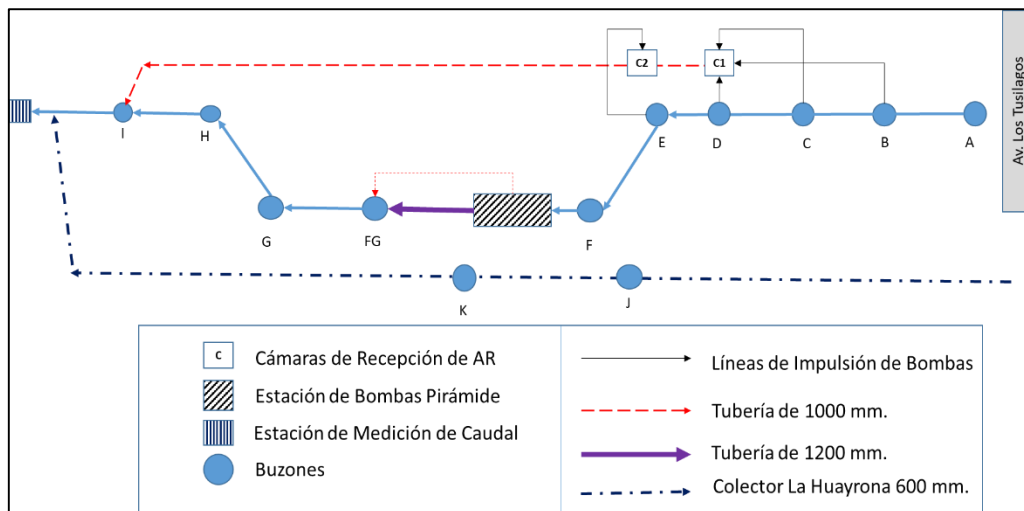
3.5.1.1 Bombeo de aguas residuales

El bombeo de las aguas residuales viene realizándose desde tres buzones existentes ubicados en el tramo del colector Canto Grande (en concreto) denominados B, C, D y E renombrados para este proyecto como B1A, B2, B3, C4B respectivamente. Estos llegan a dos cámaras de recepción (C1 y C2) donde se ha instalado una tubería de HDPE de DN1000mm que conduce el caudal hacia el buzón I renombrado como BE-Descarga

ubicado aguas abajo en el colector Canto Grande (en concreto) según se muestra en la Figura N°25.

Figura N° 25

Bombeo provisional de aguas residuales



Fuente. SEDAPAL

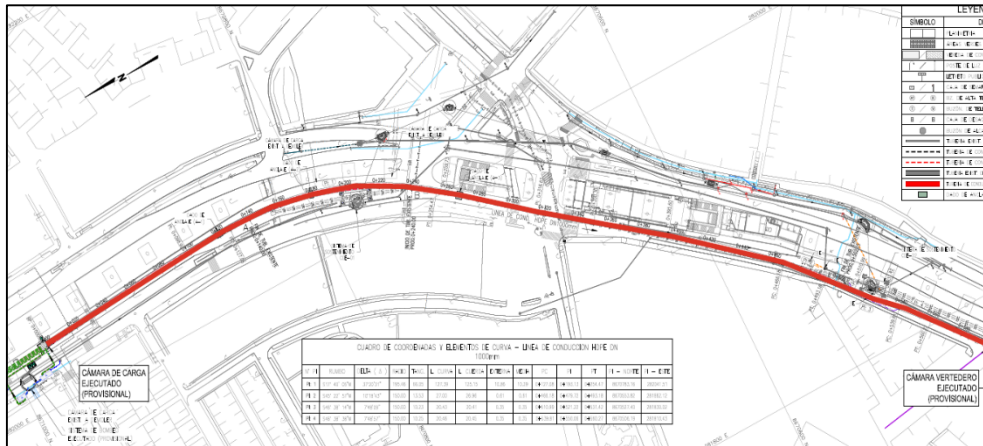
Asimismo, SEDAPAL realiza la medición del nivel de agua en el buzón B ya que se ubica en un punto topográfico bajo lo cual lo vuelve crítico ante una posible subida del nivel de agua, es decir sería el primer buzón por donde se saldría el agua residual. Esta medida es la altura entre el nivel de la rasante de la pista y el nivel de agua represado.

Ante ello, se proyectó la construcción, abandono, instalación y desinstalación de sistema de bombeo, para trabajo en seco en los empalmes de las cámaras CDE-01 y CDE-02. El sistema que está comprendido por:

- Una (01) cisterna de bombeo circular de concreto armado, insertada en el colector Canto Grande existente de C.R de 1500 mm de diámetro, con seis motobombas instaladas y dos de reserva instaladas en los buzones existentes B y C respectivamente
- Una (01) cámara de carga de concreto armado en superficie, con dos líneas de conducción de desagüe en paralelo de tubería de HDPE de 1000 mm de diámetro tendida sobre el pavimento que va verterá las aguas residuales hacia una (01) cámara de vertedero de concreto armado también construida en superficie (ver Figura N°26)

Figura N° 26

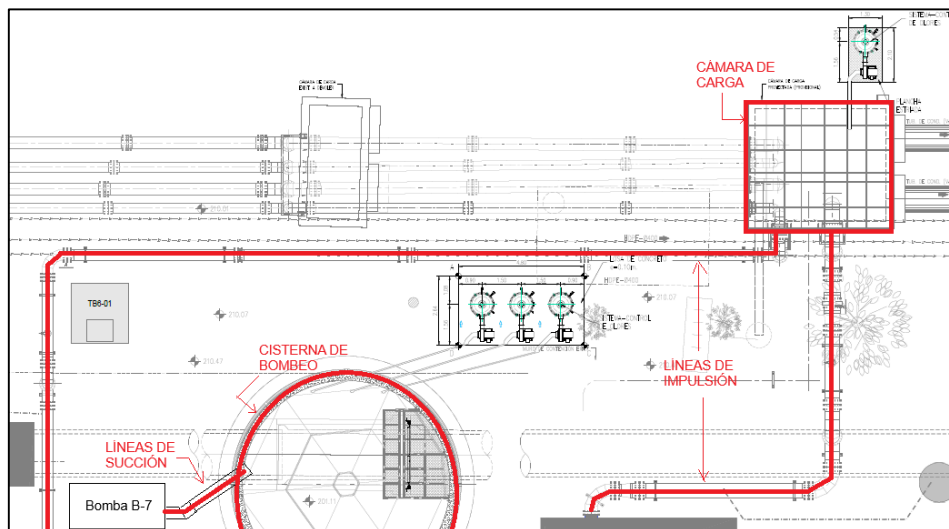
Línea de conducción desde cámara de carga hacia el vertedero



- Dos (02) Líneas de succión desde la cisterna hacia las bombas B-4 y B-7
- Dos (02) Líneas de impulsión desde las bombas B-4 y B-7 hacia la cámara de carga, según muestra la Figura N°27.

Figura N° 27

Sistema de Bombeo: Cisterna, Líneas de impulsión – succión, cámara de carga



3.5.2 Movimiento de tierras

Excavación de pozas de ataque

Este componente abarca los métodos de excavación de las pozas de ataque mediante Sistema Liner usados en el proyecto con fines de construir las cámaras de inspección de concreto armado y que además servirá como ingreso de tuberías para su soldadura e instalación. Por otro lado, ejecutaremos el tramo T-5 mediante el método convencional a zanja abierta con entibados modulares.

Tenemos las siguientes pozas de ataque:

- Poza Liner CDE-01
- Poza Liner CD-01
- Poza Liner BZP-03
- Poza Liner CD-02
- Poza Liner BZP-01
- Poza Liner CDE-02
- Zanja Abierta T-5 (Buzón BZP-02 y Cámara CD-03)

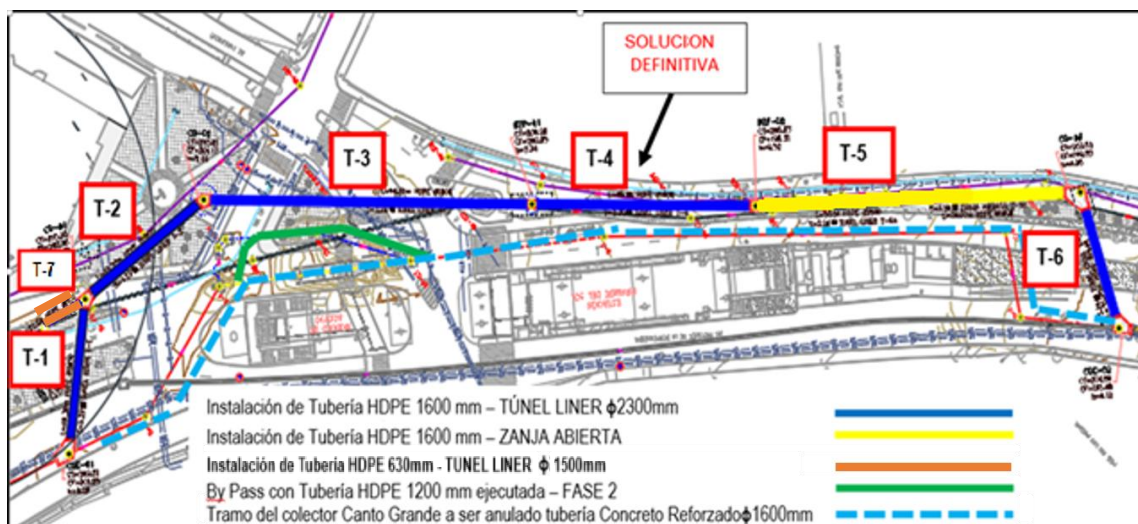
Excavación de Tramos para instalación de tuberías

Por otro lado, la instalación de las tuberías HDPE se dieron en dos escenarios distintos: uno mediante un túnel Liner y el otro en la zanja abierta; según lo muestra la Figura N°28:

- Tramo T-1: CD-01 a CDE-01, L=40.30m (Túnel Liner Ø2.30m).
- Tramo T-2: CD-02 a CD-01, L=43.36m (Túnel Liner Ø2.30m).
- Tramo T-3: CD-02 a BZP-01, L=96.51 (Túnel Liner Ø2.30m).
- Tramo T-4: BZP-02 a BZP-01, L=65.86m (Túnel Liner Ø2.30m).
- Tramo T-5: BZP-02 a CD-03, L=95.82m (Zanja abierta)
- Tramo T-6: CD-03 a CDE-02, L=35.81m (Túnel Liner Ø2.30m).
- Tramo T-7: BZP-03 a CD-01, L=14.00m (Túnel Liner Ø1.50m).

Figura N° 28

Tramos de tuberías mediante túnel liner y zanja abierta



Rellenos controlados

- En el tramo T-5 (zanja abierta), alrededor de las tuberías de HDPE instaladas se usó relleno estructural con material propio seleccionado y de préstamo hasta el nivel de subrasante.

- Alrededor de las cámaras CD-01, CD-02, CD-03, CDE-02, CIS-01 se usó material propio seleccionado y de préstamo hasta el nivel de subrasante.
- Alrededor de la cámara de empalme CDE-01 se usó grava de tamaño máximo de $\frac{3}{4}$ " como relleno hasta el nivel de subrasante.
- Alrededor de los buzones BZP-01, BZP-02 y BZP-03 se usó como relleno un diseño de suelo cemento.
- En los tramos T-1, T-2, T-3, T-4 y T-6, entre las tuberías de HDPE instaladas y el túnel liner se rellenaron con mortero fluido de baja resistencia.

3.5.3 Obras de Concreto

Las estructuras de concreto presentes en el proyecto abarcan las construcciones de tres (03) tipos de cámara: cámara de derivación (CD), cámara de empalme (CDE), buzones (BZP), además de una cisterna de bombeo provisional (CIS) para operar en los trabajos de empalme al término de las obras civiles y pipeline.

Tenemos las siguientes obras de concreto armado:

- Cámara de Empalme CDE-01
- Cámara de Empalme CDE-02
- Cámara de Derivación CD-01
- Cámara de Derivación CD-02
- Cámara de Derivación CD-03
- Buzón Proyectado BZP-01
- Buzón Proyectado BZP-02
- Buzón Proyectado BZP-03
- Cisterna de Bombeo CIS-01
- Cámara de Vertedero CV-01
- Cámara de Carga

3.5.4 Soldadura e instalación de tuberías HDPE

Los lotes de producción de tuberías HDPE DN 630 mm y 1600 mm son de 3m y 5m de longitud, por lo que se soldaron mediante acoples de HDPE de electrofusión.

- Tramo T-1: CD-01 a CDE-01, L=40.30m (HDPE Ø1600mm).
- Tramo T-2: CD-02 a CD-01, L=43.36m (HDPE Ø1600mm).
- Tramo T-3: CD-02 a BZP-01, L=96.51 (HDPE Ø1600mm).
- Tramo T-4: BZP-02 a BZP-01, L=65.86m (HDPE Ø1600mm).
- Tramo T-5: BZP-02 a CD-03, L=95.82m (HDPE Ø1600mm).
- Tramo T-6: CD-03 a CDE-02, L=35.81m (HDPE Ø1600mm).
- Tramo T-7: BZP-03 a CD-01, L=14.00m (HDPE Ø630mm).

Capítulo IV. Planificación de la calidad en el proyecto

4.1. Política de la Calidad

La Política y Objetivos de la Calidad guían el accionar de la empresa con relación a la calidad, formalmente expresado por la Gerencia General de la empresa (ver Figura N°29)

La Gerencia del Proyecto asegurará de que la Política de Calidad:

- ✓ Sea adecuada al propósito del Proyecto.
- ✓ Incluya el compromiso de satisfacer tanto los requisitos del Cliente como los legales y reglamentarios, y de mejorar continuamente la eficacia del SGC.
- ✓ Proporcione un marco de referencia para establecer y revisar los Objetivos de la Calidad.
- ✓ Sea comunicada, entendida y revisada dentro del Proyecto.

Para asegurar su comunicación a los miembros del Proyecto, se difundirá mediante los canales de comunicación internos de la organización.

Figura N° 29

Política de Calidad de la empresa Cosapi S.A.



4.2. Objetivos de la Calidad

La Gerencia del Proyecto, deberá asegurarse que los Objetivos de la Calidad (ver Figura N°30) incluyendo aquellos que sean necesarios para cumplir los requisitos para el producto, sean establecidos en las funciones y niveles pertinentes del Proyecto. Los Objetivos de la Calidad son medibles y coherentes con la Política de la Calidad.


Figura N° 30

Objetivos de Calidad de la empresa Cosapi S.A.

OBJETIVOS DE LA CALIDAD

Para el cumplimiento de nuestra Política de la Calidad se han definido los siguientes Objetivos:

- Lograr la satisfacción del Cliente mejorando continuamente nuestros procesos con innovación y nuevas metodologías
- Mejorar los resultados de los proyectos en plazo y costo
- Desarrollar y mantener a nuestro personal constantemente calificado en todos los niveles de la organización
- Prevenir la ocurrencia de incidentes personales, materiales y medio ambientales



Gerardo Luis Freire
Gerente General

El logro de estos objetivos tendrá un impacto positivo sobre la calidad del producto, de la eficacia operativa y el desempeño de los costos, y en consecuencia, sobre la satisfacción y confianza del Cliente.

Los Objetivos reflejados como indicadores que se implementarán y controlarán en el Proyecto se muestran en la Tabla N°12.

Tabla N° 12

Indicadores para el aseguramiento de la Calidad en el proyecto

Indicador	Unid	Frecuencia	Fórmula	Meta	Responsable
Implementación del SGC	%	Semanal	Promedio de Requisitos ISO 9001 implementado	≥ 80%	Jefe de Calidad
Procedimientos Constructivos Aprobados	%	Acumulado	(#Actividades ejecutadas con procedimientos aprobados / (#Actividades ejecutadas) x 100	100%	Gerente de Proyecto / Jefe de Calidad
Protocolos Validados por el Cliente	%	Acumulado	(# Registros de control emitidos aprobados / (# Registros de control emitidos) x 100	100%	Jefe de Calidad

Matriz de Calidad	%	Semanal	(%Avance Real- %Protocolización)	≤ 5%	Jefe de Calidad
Horas Hombre de Capacitación en el mes (HHC)	S/U	Mensual	HHC / Total de Trabajadores	≥ 0.50	Jefe de Calidad
Tratamiento de Producto No Conforme	%	Acumulado	(# PNC cerrados / # PNC registrados) x 100	100%	Gerente de Proyecto
Costos de No Calidad	%	Acumulado	Costo de No Calidad/Costo del Proyecto	≤ 1%	Jefe de Calidad
Dossier de Calidad	%	Acumulado	(%Avance Real - % avance dossier de calidad)	≤ 10%	Jefe de Calidad
Satisfacción del Cliente	%	En cada proyecto mínimo dos veces	Promedio de los 11 puntos medidos en la encuesta	≥ 80%	Jefe de Calidad

4.3. Planificación del SGC

4.3.1. Gestión de comunicaciones

La Gerencia del Proyecto se asegurará de que se establezcan los procesos de comunicación apropiados dentro de la Estructura Organizacional de la Obra, ver Anexo 1, y que la comunicación se efectúe considerando la eficacia del SGC. Para estos efectos, se ha establecido que:

- La Gerencia del Proyecto es la responsable de comunicar al personal del Proyecto, el resultado del cumplimiento de los Objetivos de la Calidad, así como los resultados de las auditorías internas y las acciones tomadas de las sugerencias realizadas; asimismo, es responsabilidad de los Jefes de Área la difusión de los Objetivos de la Calidad y del resultado de los indicadores de efectividad de los procesos.

Para llevar a cabo la comunicación interna, es posible utilizar los medios de comunicación usuales (intranet, foro, correo electrónico, boletines, charlas, capacitaciones, reuniones de obra, comunicación directa, entre otros).

4.3.2. Gestión de recursos

4.3.2.1. Provisión de recursos

El Jefe de Producción y el Área de Planeamiento de la Obra presentarán un Plan de Adquisiciones al Gerente de Procura, Jefe de Compras y Comprador asignado en la oficina principal de la empresa.

La gestión de compras para el Proyecto enfatizará los materiales y servicios críticos que se utilizarán. Los documentos de compra que se generen contendrán toda la información técnica que se requiera para garantizar que se tenga a disposición los materiales y servicios críticos adecuados con los requisitos de compra especificados.

Con la finalidad de contar con proveedores de materiales y servicios idóneos para el Proyecto, estos serán evaluados permanentemente y seleccionados sobre la base de su capacidad para cumplir con los requerimientos de la empresa relacionados a: cumplimiento de plazo, condiciones económicas, calidad del servicio, seguridad en obra y otros criterios que se consideren importantes.

Durante el desarrollo del Proyecto:

- ✓ Se implementarán procedimientos de compra. Estos procedimientos planificarán y controlarán tanto las compras de productos como de servicios. Estos procedimientos permitirán:
 - Verificar la calidad de todos los materiales, piezas y conjuntos adquiridos
 - Monitorear y controlar a nuestros proveedores de materiales y/o servicios
 - Garantizar que los proveedores de materiales y/o servicios sean competentes
- ✓ Se cuenta con un Sistema de Información ORACLE para monitorear el desempeño de nuestros proveedores y analizar tendencias históricas.
- ✓ Los procedimientos del Sistema de gestión de Calidad asociados al cumplimiento se muestran en la Tabla N°13.

Tabla N° 13

Procedimientos para la provisión de recursos

Cód. Proc.	Procedimiento	Cód. Formato	Formato
PG-COM-01	Procedimiento para la Compra de materiales y servicios	FG-COM-01-A	Orden de Suministro
		FG-COM-01-B	Orden de Compra.
		FG-COM-01-C	Relación de Materiales y/o Servicios Críticos.
PG-GPET-18	Procedimiento para la Administración y Selección de Proveedores de Bienes, Servicios y Subcontratos	PG-GPET-18-A1	Términos y Condiciones para Registro Proveedores
		PG-GPET-18-F1	Inscripción y Registro de Proveedores
		PG-GPET-18-F7	Registro y Evaluación de Desempeño para Proveedores de Servicios y Subcontratos.

PG-GPET-18-F9 Evaluación Preliminar de
Registro de Proveedores.

4.3.2.2. Recursos humanos

Se designará personal competente según los requisitos establecidos, para el Proyecto, y proporcionará capacitación orientada a mejorar los resultados planificados. Además, se asegurará que su personal entienda la importancia y el impacto que tienen sus funciones en la organización. La difusión será realizada en forma constante y permitirá lograr compromiso en el logro de las metas del Proyecto.

Salvo que se encuentre especificado de otra manera, las funciones y responsabilidades del personal principal designado al Proyecto en relación a la gestión de la calidad, se encuentran según la Tabla N°14.

Tabla N° 14*Funciones y Responsabilidades en el Proyecto*

Funciones	Responsabilidades
Gerente de Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Aprobar el Plan de Gestión de Calidad específico del Proyecto. • Establecer y comunicar los Objetivos de Calidad específicos del Proyecto. • Comunicar la importancia de satisfacer los requisitos del Cliente a todos los integrantes del Proyecto y también los requisitos legales y reglamentarios. • Aprobar el Programa de Implementación del SGC del proyecto • Definir y comunicar las responsabilidades y autoridades en el Proyecto. • Garantizar la disponibilidad de los recursos necesarios para lograr la conformidad con los requisitos del producto. • Aprobar los Procedimientos Constructivos e Instrucciones de trabajo. • Aprobar los cambios de condiciones contratadas que se presenten en el proyecto (alcance, cantidades, plazos, especificaciones, rendimientos, otros). • Responsable de que se mida la satisfacción del Cliente, haciendo uso de la "Evaluación de la Satisfacción del Cliente" con la entrega de las encuestas al Cliente y en las fechas pre-definidas.
Residente de Proyecto	<ul style="list-style-type: none"> • Difundir y verificar que se cumplan los lineamientos del Plan de Gestión de Calidad del Proyecto. • Dirigir y comunicar en el Proyecto la Política y Objetivos de la Calidad. • Comunicar la importancia de satisfacer los requisitos del Cliente a todos los integrantes del Proyecto y también los requisitos legales y reglamentarios. • Verificar que los requisitos del Cliente se hallan claramente definidos en un contrato firmado por ambas partes. • Definir y comunicar las responsabilidades y autoridades en el Proyecto. • Garantizar la disponibilidad de los recursos: Recursos Humanos, Materiales, Equipos, Infraestructura, Ambiente de Trabajo; adecuados para lograr la conformidad con los requisitos del producto.

Jefe de
Producción

- Aprobar el Plan de Gestión de Calidad del Proyecto y velar por su cumplimiento.
- Aprobar el Programa de Implementación del SGC del Proyecto y velar por su cumplimiento.
- Aprobar el Programa de Capacitación en materia de Calidad, para el Proyecto.
- Aprobar los Procedimientos Constructivos e Instrucciones de trabajo, así como los formatos de control, de las actividades a realizar en el Proyecto.
- Promover siempre el uso de las versiones vigentes de: planos, procedimientos, instructivos y sus formatos.
- Supervisar, controlar y documentar los cambios de condiciones contratadas (alcance, cantidades, plazos, especificaciones, rendimientos, otros).
- Verificar que se mida la satisfacción del Cliente, haciendo uso de la "Evaluación de la Satisfacción del Cliente" con la entrega de encuestas y en las fechas pre-definidas.
- Cumplir y asegurar el cumplimiento de los lineamientos establecidos por el Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente en el Proyecto.
- Verificar que se cumplan los lineamientos establecidos en el Plan de Gestión de Calidad del Proyecto en los procesos de construcción.
- Verificar el cumplimiento de los requisitos del Cliente en los procesos de construcción, de acuerdo al contrato.
- Revisar el Plan de Gestión de Calidad del Proyecto.
- Revisar los Procedimientos Constructivos e Instructivos de Trabajo emitidos en el Proyecto.
- Verificar siempre el uso de las versiones vigentes de: planos, procedimientos, instructivos y sus formatos.
- Elaborar en forma conjunta con el Jefe de Oficina Técnica, la Relación de Materiales y/o Servicios Críticos del Proyecto, y enviarlo a Procura (Sede Central) para atender en forma oportuna los requerimientos del Proyecto.
- Verificar antes de elaborar la Orden de Suministro o Solicitud de Artículo, la condición de material y/o servicio como crítico en la relación anteriormente citada, para anexar información adicional de las características de lo solicitado (planos, detalles, especificaciones técnicas, etc.) e incluir en la llegada al Proyecto junto con el material y/o servicio lo siguiente: certificados de calidad, hojas de seguridad MSDS, registros de ensayos y/o pruebas del material, etc.
- Verificar el estado de los materiales críticos a su llegada a obra, siempre que lo haya solicitado, para evitar malas recepciones por desconocimiento de algunos detalles o características propias del material, conocidas por el solicitante.
- Revisar subcontratos para la aprobación del Ingeniero Residente de Obra.
- Dirigir reuniones de coordinación con el Cliente o con su representante y con los Subcontratistas.
- Reportar al Área de Calidad, la ocurrencia de No Conformidades, para el tratamiento y seguimiento.
- Cumplir y asegurar el cumplimiento de los lineamientos establecidos por el Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente en el Proyecto.

<p>Jefe de Oficina Técnica – Especialista Costos, Planeamiento y valorizaciones</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar los lineamientos establecidos en el Plan de Gestión de Calidad del Proyecto. • Aplicar y difundir en obra la política y objetivos de la calidad. • Difundir los requisitos del Cliente a todos los integrantes del Proyecto (contrato, especificaciones técnicas, planos, etc.) • Participar en la elaboración de los Procedimientos Constructivos e Instrucciones de Trabajo, así como los Formatos de Control, de las actividades a realizar en el Proyecto. • Verificar siempre el uso de las versiones vigentes de: planos, procedimientos, instructivos y sus formatos. • Verificar el control documentario (planos, procedimientos, instructivos, formatos, etc.) de acuerdo al procedimiento de Control de Documentos. • Elaborar en forma conjunta con el Ingeniero de Producción, la Relación de Materiales y/o Servicios Críticos del Proyecto, y enviarlo a Procura (Sede Central) para atender en forma oportuna los requerimientos del Proyecto. • Verificar antes de elaborar la Orden de Suministro o Solicitud de Artículo, la condición de material y/o servicio como crítico en la relación anteriormente citada, para anexar información adicional de las características de lo solicitado (planos, detalles, especificaciones técnicas, etc.) e incluir en la llegada al Proyecto junto con el material y/o servicio lo siguiente: Certificados de Calidad, hojas de seguridad MSDS, registros de ensayos y/o pruebas del material, etc. Previamente debe coordinar con el Residente de Obra y Jefes de Frente por ser una actividad compartida. • Supervisar el suministro de materiales consumibles y de materiales permanentes a ser incorporados al Proyecto. • Responsable de la Reevaluación a los Proveedores, de Materiales y/o Servicios Críticos. • Reportar al Área de Calidad, la ocurrencia de No Conformidades, para el tratamiento y seguimiento. • Supervisar la ejecución de los paquetes de pruebas. • Supervisar y verificar las modificaciones de campo. • Cumplir los lineamientos establecidos por el Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente en el Proyecto.
<p>Ingeniero de Producción</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Aplicar y difundir los lineamientos establecidos en el Plan de Gestión de Calidad del Proyecto. • Elaborar los Procedimientos Constructivos e Instructivos de Trabajo de la disciplina a su cargo. • Poner en práctica los procedimientos constructivos e Instructivos de Trabajo incluyendo los formatos de control definidos como parte del Sistema de Gestión de la Calidad. • Cuidar que los procedimientos y los formatos de control sean adecuadamente seguidos en el campo. • Reportar al Ingeniero de Producción sobre posibles modificaciones o cambios de los documentos contractuales previos al inicio y durante la ejecución de la obra, informado además sobre los reclamos potenciales en relación con cambios en el alcance del Proyecto. • Verificar antes de elaborar la Orden de Suministro o Solicitud de Artículo, la condición del material y/o servicio como crítico en la “Relación de Materiales y/o Servicios Críticos” del Proyecto , para anexar información adicional de las características de lo solicitado (planos, detalles, especificaciones técnicas, etc.) e incluir en la llegada

	<p>al Proyecto junto con el material y/o servicio lo siguiente: Certificados de Calidad, hojas de seguridad MSDS, registros de ensayos y/o pruebas del material, etc. Previamente debe coordinar con el Jefe de Producción y el Jefe de Oficina Técnica por ser una actividad compartida.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Asistir al Ingeniero Jefe de Oficina Técnica en la verificación de los materiales permanentes a su llegada a obra. • Distribuir a los Supervisores en coordinación con Oficina Técnica, documentación tal como: planos, procedimientos constructivos, instructivos de trabajo, formatos, etc. verificando siempre el uso de las versiones vigentes.
<p>Jefe de Calidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar el Plan de Gestión de Calidad del Proyecto y velar por su cumplimiento. • Elaborar los Planes de Puntos de Inspección (PPI) necesarios para el Proyecto. • Seguir y comunicar en coordinación con el Ingeniero Residente de Obra la Política y Objetivos de la Calidad. • Difundir en el Proyecto el Plan de Gestión de Calidad. • Elaborar el Programa de Capacitación en materia de CALIDAD y capacitar a todo el personal del Proyecto, manteniendo los registros correspondientes. • Verificar que los requisitos del Cliente y también los requisitos legales y reglamentarios, se cumplan en el desarrollo del Proyecto. • Solicitar recursos para las labores de Aseguramiento y Control de Calidad en el Proyecto (personal, equipos IME, otros). • Programar y coordinar las actividades de Control de Calidad en el Proyecto. • Coordinar la implementación del Sistema de Gestión de Calidad con los responsables del Proyecto, delegando responsabilidades y apoyando a los mismos. • Documentar las no conformidades usando el formato de "Registro de No Conformidad" (PG-SG-01-F7) y realizar el seguimiento a cada una de ellas. • Mantener los registros de los RNC y anexar los sustentos. • Detener el proceso de ejecución de obra cuando la calidad de los trabajos se vea afectada. • Coordinar con Supervisión de Obra las inspecciones y pruebas de control de calidad a llevarse a cabo. • Coordinar con las áreas implicadas, Sub-contratistas y/o proveedores la realización de reuniones para atender las No Conformidades detectadas, registrando las RNC correspondientes y definiendo las acciones correctivas / acciones preventivas, según aplique. • Brindar asesoría en el tratamiento de las No Conformidades a través de acciones correctivas y acciones preventivas. • Verificar el cumplimiento de la Política de Calidad y Objetivos de Calidad, Plan de Gestión de Calidad, procedimientos de gestión de calidad, procedimientos constructivos, instructivos de trabajo, a través de documentación que demuestre una adecuada implementación del Sistema de Gestión de Calidad. • Realizar en forma conjunta con los Ingenieros de Calidad (Supervisores de Aseguramiento y Control de Calidad) inspecciones de calidad para verificar el cumplimiento de la Política y Objetivos de Calidad, así como

	<p>el cumplimiento de los procedimientos e instructivos a ser implementados en el Proyecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Realizar el análisis de datos correspondiente al Proceso Calidad (control de calidad, aseguramiento de calidad y gestión de calidad) • Reportar mensualmente a Sede Central-Calidad: Informe Mensual de Calidad, Log del Registro de No Conformidades, Log de Observaciones, Reporte del Programa de Implementación del SGC, • Integrar el Dossier de Calidad del Proyecto.
<p>Ingeniero de Calidad</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar el Programa de Implementación del SGC del Proyecto y velar por su cumplimiento. • Difundir en el Proyecto en coordinación con el Ingeniero Jefe de Calidad el Plan de Gestión de Calidad y velar por su cumplimiento. • Verificar que los trabajos desarrollados en los procesos constructivos del Proyecto estén de acuerdo a los requisitos del Cliente y también de acuerdo a los requisitos legales y reglamentarios. • Capacitar en materia de CALIDAD de acuerdo al Programa de Capacitación, a todo el personal del Proyecto, manteniendo los registros correspondientes. • Realizar las actividades de Control de Calidad en el Proyecto, elaborando los protocolos de control de calidad de los entregables del Proyecto. • Verificar el cumplimiento de la Política de Calidad y Objetivos de Calidad, Plan de Gestión de Calidad, procedimientos de gestión de calidad, procedimientos constructivos, instructivos de trabajo, a través de documentación que demuestre una adecuada implementación del Sistema de Gestión de Calidad. • Registrar No Conformidades y realizar el seguimiento a cada una de ellas. • Coordinar con las áreas implicadas, Sub-contratistas y/o proveedores la realización de reuniones para atender las No Conformidades detectadas, definiendo las acciones correctivas / acciones preventivas, según aplique. Esta actividad se realiza en coordinación con el Ingeniero Jefe de Calidad por ser una tarea compartida. • Brindar asesoría en el tratamiento de las No Conformidades a través de acciones correctivas y acciones preventivas. Esta actividad se realiza en coordinación con el Ingeniero Jefe de Calidad por ser una tarea compartida. • Realizar en forma conjunta con el Jefe de calidad inspecciones de calidad para verificar el cumplimiento de la Política y Objetivos de Calidad, así como el cumplimiento de los procedimientos e instructivos a ser implementados en el Proyecto. • Elaborar los Dossieres de Calidad del Proyecto en función a la disciplina que este bajo su control.
<p>Jefe de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar el Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente al inicio del Proyecto, analizando los riesgos específicos del Proyecto bajo su cargo y controlando su implementación de acuerdo a lo establecido. • Controlar el cumplimiento de las exigencias legales de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente relativas al Proyecto. • Detener la operación, área o equipo, cuando el nivel de criticidad del riesgo así lo amerite.

	<ul style="list-style-type: none"> • Conducir inspecciones planificadas, utilizando los formatos estandarizados para medir y registrar el desempeño en Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente. • Asistir y entrenar a los supervisores en el análisis de investigación de incidentes y procedimientos de acción correctiva. • Llevar a cabo el Programa de Capacitación en materia de SEGURIDAD a todo el personal del Proyecto, manteniendo los registros correspondientes. • Recoger y reportar información acerca de la implementación del Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente al Residente de Proyecto y a la Unidad de Apoyo de Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente. • Coordinar con Jefe de Producción para que la documentación de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente requerida por parte de organismos del estado, esté disponible y sea presentada en forma oportuna.
Jefe de Grupo o Jefe de Cuadrilla	<ul style="list-style-type: none"> • Organizar y coordinar los trabajos del grupo o cuadrilla bajo su mando. • Verificar y reportar acerca de la disponibilidad de los materiales, equipos y herramientas para ejecutar las actividades programadas. • Reportar al Área de Calidad, la ocurrencia de No Conformidades, para el tratamiento y seguimiento. • Cumplir los lineamientos establecidos por el Plan de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente en el Proyecto. • Cuidar y mantener en forma adecuada las herramientas y equipos requeridos para desempeñar su función. • Mantener el área de trabajo limpia y ordenada.
Personal de cuadrilla (general)	<ul style="list-style-type: none"> • Cuidar y mantener las herramientas y equipos requeridos para desempeñar su función. • Verificar siempre que los planos, procedimientos e instructivos de trabajo vigentes, vengán con el sello: COPIA CONTROLADA; caso contrario comunicar al Jefe de Calidad del Proyecto. • Verificar siempre que los planos, procedimientos e instructivos de trabajo desactualizados, vengán con el sello: OBSOLETO; caso contrario comunicar al Jefe de Calidad del Proyecto. • Reportar al Área de Calidad la ocurrencia de No Conformidades para el tratamiento y seguimiento. • Mantener el área de trabajo limpia y ordenada. • Seguir en forma estricta los procedimientos e instrucciones de trabajo, de las tareas a realizar.

Nota. Las funciones pueden estar asociadas a una o más personas dependiendo de la estructura del personal del Proyecto mostrada en el organigrama (Anexo 1)

En el Proyecto se implementará un programa de capacitación permanente orientado al cumplimiento de los requisitos contractuales y especificaciones técnicas y legales. El programa contemplará como mínimo los siguientes temas:

- ✓ Inducción al Sistema de Gestión de Calidad (SGC)
- ✓ Difusión del Plan de Gestión de Calidad

- ✓ Control de Documentos y Control de Registros
- ✓ Tratamiento del Producto No Conforme
- ✓ Acciones Preventivas / Acciones Correctivas
- ✓ Seguimiento y medición de los procesos
- ✓ Seguimiento y medición del producto
- ✓ Medición de la satisfacción del Cliente
- ✓ Procedimientos Constructivos / Instructivos de Trabajo (según etapa constructiva)
- ✓ Planes de Puntos de Inspección (según etapa constructiva).

4.3.3. Infraestructura

Se determinará, proporcionará y mantendrá la infraestructura necesaria para lograr la conformidad con los requisitos del producto. La infraestructura incluye:

- ✓ Oficinas, almacenes, talleres, transporte, espacios de trabajo y servicios asociados.
- ✓ El departamento de Sistemas y Comunicaciones será el encargado de implementar y mantener el soporte informático y de sistemas de comunicación en el Proyecto, así como entre el Proyecto y la Oficina Principal de la empresa.

4.3.4. Equipos de producción

Se cuenta con equipo de producción adecuado para satisfacer los requisitos del Proyecto. Se asegurará de mantener dicho equipo mediante la aplicación de programas de mantenimiento preventivo, acciones de mantenimiento correctivo y uso de parámetros de gestión de mantenimiento, con la finalidad de incrementar la disponibilidad de los equipos para los trabajos a desarrollar.

En el Proyecto se utilizarán las fichas técnicas de los equipos, cartillas de mantenimiento y se monitorearán los horómetros de tal manera que los servicios se hagan con la frecuencia preestablecida. Además, se desplegará un sistema de inspecciones que permita detectar las desviaciones de funcionamiento con suficiente anticipación para que los correctivos puedan ejecutarse sin comprometer la disponibilidad del equipo.

Para la gestión de la operación y mantenimiento de los equipos de producción en el Proyecto, el Sistema de Gestión de Calidad contemplará lo indicado en la Tabla N°15.

Tabla N° 15

Procedimiento para la Gestión de Equipos en el Proyecto

Cód. Proc.	Procedimiento	Cód. Formato	Formato
PG-GPET-01		PG-GPET-01-F1	Documentos del Operador y Equipo

Procedimiento para la Gestión de Equipos	PG-GPET-01- F4	Lista de Check List del Equipo
	PG-GPET-01- F3	Orden de Trabajo
	INF-GPET-01	Informe Técnico

4.3.5. Ambiente para la operación

Se identificará y gestionará aquellos factores físicos y humanos, del ambiente de trabajo, necesarios para alcanzar la conformidad del producto y la adecuada prestación del servicio contratado.

Además, se proporcionará al personal un ambiente de trabajo cómodo, limpio, ordenado y seguro, contribuyendo de esta manera a que los procesos se efectúen según los requisitos del producto.

La Administración de Obra en el Proyecto será responsable de promover condiciones adecuadas de ambiente de trabajo, lo que contribuirá a la motivación, satisfacción y rendimiento de los empleados.

Capítulo V. Aseguramiento de la calidad en el proyecto

Para el cumplimiento del aseguramiento de la calidad se desarrollan 6 pilares importantes que permitirán cumplir con los objetivos de calidad del Proyecto, y consecuentemente cuantificar los indicadores de calidad mostrados en el Capítulo VII.

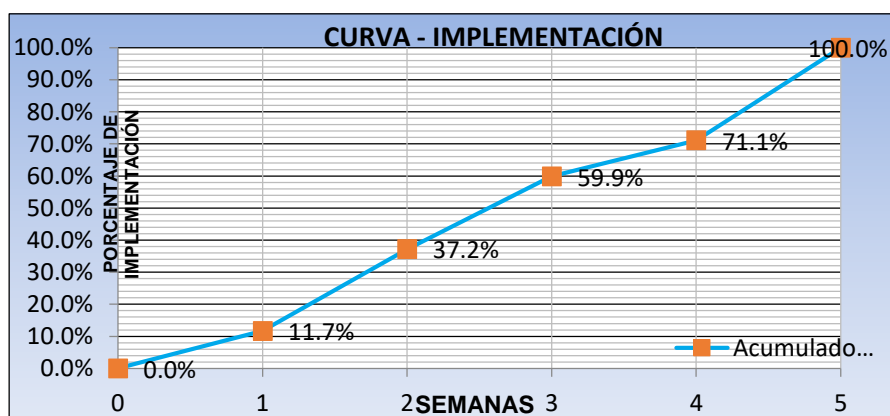
5.1 Programa de implementación

El programa de implementación adaptado define las actividades y plazos mínimos en los que el Sistema de Calidad para el proyecto será implementado; para elaborarlo, el Jefe de Calidad cuenta con un Programa de Implementación Estándar y el soporte del área de Gestión de Calidad de sede central (Anexo 2)

Para el proyecto se estimó un plazo de implementación del SGC de 5 semanas, siguiendo los requisitos de la norma ISO 9001:2015 (Ver Figura N°31). Este SGC implementado en el proyecto se torna dinámico conforme las necesidades y/o requisitos del Cliente se vayan modificando durante el plazo de ejecución.

Figura N° 31

Avance de implementación del SGC en el proyecto



5.2 Procedimientos constructivos y plan de puntos de inspección

5.2.1 Procedimientos constructivos

Se implementaron en el Proyecto procedimientos de construcción que permitirán estandarizar sus operaciones, garantizando al Cliente que la ejecución en el lugar de trabajo será conforme a los requisitos aprobados por ellos mismos o la Supervisión. Se elabora una lista o Log de procedimientos con la finalidad de hacer seguimiento al

procedimiento desde el envío de la documentación a Supervisión hasta la aprobación de la misma (Ver Anexo 3)

Además, las áreas de calidad y construcción coordinarán para difundir los procedimientos constructivos o Instrucciones de Trabajo utilizados en campo (ver Sub Capítulo 5.6), para asegurarse que el personal que desarrolle los trabajos lo haga de acuerdo a los procedimientos aprobados.

5.2.2 Plan de puntos de inspección

Como complemento a los procedimientos se implementaron los planes de puntos de inspección (PPI) de los procesos más críticos del proyecto (Ver Tabla N°16)

Tabla N° 16

Plan de Puntos de Inspección usados en el Proyecto

Ítem	Código	Descripción de los Puntos de Inspección
01	PPI-TOP-01	Control Topográfico
02	PPI-MVT-01	Excavaciones
03	PPI-MVT-02	Relleno y Compactación
04	PPI-LIN-01	Sistema Liner
05	PPI-CON-01	Estructuras de Concreto
06	PPI-IMP-01	Impermeabilización de cámaras y buzones
07	PPI-TUB-01	Electrofusión de tuberías HDPE

5.3 Plan de calibración de equipos

Se determinó el seguimiento y la medición a realizar, así como los dispositivos de medición y seguimiento necesarios para proporcionar la evidencia de la conformidad del producto con los requisitos del Cliente.

Estos dispositivos de seguimiento y medición, también llamados Equipos IME (Inspección, Medición o Ensayo) se calibraron antes de su utilización, en lugares autorizados y certificados por INACAL. La lista de equipos IME en el proyecto se muestra en el Anexo 4. Además, se identificaron con un sticker para poder determinar su estado de calibración y también se protegieron contra los daños y el deterioro durante la manipulación, el mantenimiento y el almacenamiento (Ver Figura N°32).

Figura N° 32

Torquímetro calibrado, identificado y protegido



5.4 Auditorías internas

Con la finalidad de verificar el cumplimiento del Sistema de Gestión de Calidad del proyecto, la oficina central de la empresa programó una auditoría interna para el proyecto en mayo del año 2021.

Es así que, a partir de ello, los auditores internos provenientes de la oficina central de la empresa establecieron un Plan de Auditoría, donde plasmaron los requisitos de la norma a auditar, los participantes (auditados y auditor) y los horarios de entrevista para cada jefe de área (Ver Tabla N°17).

Tabla N° 17

Plan de Auditoría Interna N°01 del Proyecto

No.	Fecha	Procesos / Áreas a Auditar según los criterios	Participante	Hora de Inicio	Hora de Finalización	Auditor(es)	Observaciones
DÍA 01							
1	12-May	Reunión de apertura	- Gerente de Proyecto - Victor Quijarán - Administrador de Contratos - Victor Cruzado - Residente de Obra - Vladimir Fernandez - Jefe de Calidad - Yvette Marcos - Jefe de SSOMA - Miriam Colquichagua - Jefe de Oficina Técnica - Jorge Reyes - Responsable de Costos - Brenda Vergel - Responsable de Planeamiento & Productividad - Francisco Céspedes / Yoel Choquehuancua - Administrador de Obra - José Ponce - Responsable de Almacén - Jonathan Sanchez	14:00 Hrs.	14:30 Hrs	Equipo Auditor	Reunión Remota
2	12-May	Calidad 4.2; 4.4; 5.2; 5.3; 6.1; 6.2; 7.1; 7.1.5; 7.3; 7.5; 8.1; 8.5; 8.6; 8.7; 9.1; 9.2; 10.1; 10.2; 10.3	- Jefe de Calidad - Yvette Marcos	14:30 Hrs	17:00 Hrs	Maribel Mandamiento	Entrevista remota
3	12-May	SSOMA 4.2; 4.4; 5.2; 5.3; 5.4; 6.1; 6.2; 7.1; 7.2; 7.3; 7.4; 7.5; 8.1; 8.2; 9.1; 9.2; 9.3; 10.1; 10.2; 10.3	- Jefe de SSOMA - Miriam Colquichagua	14:30 Hrs	17:00 Hrs	Geidy Pico	Entrevista remota
DÍA 02							
4	13-May	Administración de Contratos ISO 9001 4.2; 6.2; 6.1; 7.3; 7.4; 8.2; 8.4; 8.5.5; 8.5.6; 9.1.1; 10.3 ISO 45001 / ISO 14001 6.1; 8.2	- Administrador de Contratos - Victor Cruzado	09:00 Hrs	10:30 Hrs	Guillermo Juarez Mara Avalos Geidy Pico	Entrevista remota
5	13-May	Control de Proyectos ISO 9001 5.2; 6.2; 7.3; 7.4; 8.1; 8.4.2; 8.5; 9.1.1; 10.3 ISO 45001 / ISO 14001 6.1; 8.2	- Costos - Brenda Vergel - Planeamiento & Productividad - Francisco Céspedes / Yoel Choquehuancua	10:30 Hrs 10:30 Hrs	12:00 Hrs 12:00 Hrs	Jorge Morán Geidy Pico Oliver Ugarte Katherine Huayhua	Entrevista remota Entrevista remota
ALMUERZO							
6	13-May	Producción ISO 9001 4.4; 6.1; 7.1.2; 7.1.6; 7.3.8.1; 8.2; 8.4.2; 8.5; 8.6; 8.7; 9.1.1; 10.2; 10.3 ISO 45001 / ISO 14001 5.2; 6.1; 7.3; 8.1; 8.2	- Gerente de Construcción - Vladimir Fernandez	14:00 Hrs.	15:30 Hrs	Joel Santana Marco del Pino	Entrevista remota
7	13-May	Oficina Técnica ISO 9001 7.1.6; 7.3; 7.4; 7.5; 8.1; 8.2; 8.3; 8.4; 8.5.6; 9.1.1; 10.3 ISO 45001 / ISO 14001 6.1; 8.2	- Jefe de Oficina Técnica - Jorge Reyes	15:30 Hrs	17:00 Hrs	Elmer Chávez Rigier Florencio Geidy Pico	Entrevista remota

Esta auditoría se desarrolló bajo las normas ISO 9001:2015, ISO 14001:2015 e ISO 45001:2018, correspondientes al Sistema de Gestión de Calidad, Sistema de Gestión Ambiental y Sistema de Gestión de Seguridad y Salud en el Trabajo respectivamente.

Al finalizar la auditoría se obtienen los siguientes hallazgos:

- Fortalezas (FOR): Requisito cumplido que evidencia estar contribuyendo significativamente al proceso de mejora continua del SG.
- No Conformidad (NC): Incumplimiento total, sistemático o eventual de un requisito incluido en el criterio de auditoría.
- Oportunidades de Mejora (OM): Situación que, sin representar incumplimiento del criterio de auditoría, debe ser revisada por el proyecto, para mejorar la eficacia de los procesos.

En el proyecto se encontraron 08 Fortalezas, 25 Oportunidades de Mejora y 03 No Conformidades. A partir de ello, el área de Calidad elabora un Plan de Acción de Auditoría (Anexo 5), donde se detallan las acciones a tomar y los responsables para el levantamiento de los hallazgos negativos encontrados (OM y NC)

5.5 Encuestas de satisfacción del cliente

Como parte de los objetivos de calidad del proyecto, el nivel de satisfacción del cliente es uno de los indicadores de calidad más importantes que nos califica el desempeño en las distintas áreas y etapas del proyecto; además estas encuestas al Cliente nos brindan información de cuán confiable somos como empresa para ser contratados en futuros proyectos.

Durante la ejecución del Proyecto se ejecutó como mínimo una encuesta de “Evaluación de la Satisfacción del Cliente” (Anexo 6), por año, habiéndose programado una en el 2021 y otra al finalizar en el 2022 (Ver Tabla N°18).

Tabla N° 18

Resultados de evaluación de satisfacción del cliente SEDAPAL.

N° de Encuesta	Resultados de la Encuesta
1era Encuesta (Julio 2021)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plazo: 8 2. Calidad: 9 3. SSO: 9 4. M. Amb: 8 5. Comunicación con el Cliente: 8 6. Desempeño Profesional: 9 7. Desempeño de las Maquinarias: 9 8. Instalaciones de la Obra: 8 9. Desempeño Global: 8 10. Probabilidad de volver a recomendar: 8
2da Encuesta (Marzo 2022)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Plazo: 8 2. Calidad: 10 3. SSO: 9 4. M. Amb.: 9 5. Comunicación con el Cliente: 8 6. Desempeño Profesional: 9 7. Desempeño de las Maquinarias: 9 8. Instalaciones de la Obra: 8 9. Desempeño Global: 8 10. Probabilidad de volver a recomendar: 9

5.6 Capacitaciones

En el Proyecto se implementó un programa de capacitación permanente orientado al cumplimiento de los requisitos contractuales y especificaciones técnicas y legales. El programa contemplará temas asociados al Sistema de Gestión de Calidad de la empresa, además de procedimientos constructivos, Plan de Puntos de Inspección según etapas constructivas del proyecto (Ver Tabla N°19).

Tabla N° 19

Programa de Capacitación del mes de Julio 2021

PROGRAMA DE CAPACITACIONES DEL 01 DE JULIO DEL 2021 AL 31 DE JULIO DEL 2021		
DURACIÓN	TEMA	RESPONSABLE
20 min	PPI-IMP-01 Impermeabilización interior	Jorge Reyes
20 min	PPI-TER-01 Unión por Termofusión_Rev.1	Yvette Marcos
20 min	PPI-TUB-02 Instalación de tuberías HDPE en redes_Rev.1	Oscar Alva
20 min	PPI-ENC-01 Encofrado y Desencofrado de Estructuras_Rev	Juan Bazzetti
10 min	Política y Objetivos de la Calidad	Yvette Marcos, Jorge Reyes, Juan Bazzeti, Oscar Alva
30 min	Procedimiento para el abandono de tuberías	Oscar Alva
30 min	Procedimiento para la construcción de la cámara CDE-01	Juan Bazzeti
30 min	Procedimiento para la reparación de muros de concreto	Jorge Reyes
30 min	Procedimiento de instalación de tuberías HDPE de 1000 mm	Yvette Marcos
30 min	Manual de Gestión de Calidad_Rev.10	Jorge Reyes
30 min	Información Documentada_Rev.00	Oscar Alva
30 min	Proc. de almacenamiento documentos_Rev.05	Yvette Marcos
30 min	Proc. Codificación Documentos_Rev.06	Oscar Alva


Capítulo VI. Control de la calidad en el proyecto

6.1. Protocolos de liberación

En el proyecto se manejaron protocolos de calidad con puntos de inspección alineados y asociados al PPI de la disciplina. La Tabla N°20, se muestra el Log de formatos de control para la liberación de actividades.

Tabla N° 20

Log de formatos de liberación aprobados en el Proyecto

 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">Log de Formatos de Control</div>			
PROYECTO:		CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL - SAN JUAN DE LURIGANCHO	
Lista de Protocolos de Liberación			
IT	Código	DESCRIPCION	Rev.
1	FC-ALM-01-F1	Registro de Recepción de Materiales	0
2	FC-ALM-01-F2	Registro de Recepción de Materiales: Estructuras Metálicas	0
3	FC-ALM-01-F3	Registro de Recepción de Materiales: Geomembranas	0
4	FC-ALM-01-F4	Registro de Recepción de Materiales: Tuberías	0
5	FC-TOP-01-F1	Registro de Control Topográfico	0
6	FC-MOR-01-F1	Registro de Inspección de Mortero	0
7	FC-MOR-01-F2	Registro de Mortero Fresco	1
8	FC-MOR-01-F3	Ensayo de resistencia a la compresión de mortero	1
9	FC-TOR-01-F1	Registro de Control de Torque	1
10	FC-CON-01-F1	Registro de Inspección de Concreto	0
11	FC-CON-01-F2	Registro de Concreto Fresco	1
12	FC-CON-01-F3	Ensayo de resistencia a la compresión de concreto	1
13	FC-IMP-01-F1	Registro de Inspección de superficie y pintura para Impermeabilización	1
14	FC-IMP-01-F2	Registro de Prueba de impermeabilización	1
15	FC-MVT-03-F1	Ensayo de Densidad de Campo (Cono de Arena)	1
16	FC-MVT-03-F2	Registro de Aceptación de Relleno y Compactación	0
17	FC-MVT-03-F3	Registro de Densidad de Campo con Densímetro Nuclear	0
18	FC-EXC-01-F1	Registro de Excavación en zanja abierta	0
19	FC-TUB-01-F2	Registro de Instalación de Riel Metálico para desplazamiento de Tuberías	0
20	FC-TUB-01-F1	Protocolo de colocación de Líneas de Alcantarillado	1
21	FC-TUB-01-F3	Registro de Instalación de Tuberías y Accesorios HDPE	1
22	FC-TUB-01-F4	Registro de Inspección Televisiva	0
23	FC-ESM-02-F1	Registro de Instalación de Cubierta Metálica	0
24	FC-GEO-02-F1	Registro de Instalación de Geomembrana	0
25	FC-ESM-03-F1	Registro de Instalación de Compuerta Metálica	1
26	FC-PRE-01-F1	Registro de Colocación de Tapas de Concreto Prefabricadas	0
27	FC-MET-01-F1	Registro de Colocación de Rejillas y Tapas Metálicas	0
28	FC-SAN-02-F1	Registro de Instalación de Tuberías de PVC	0
29	FC-TER-01-F1	Registro de Inspección Visual de Soldadura por Termofusión	1
30	FC-ELC-01-F1	Registro de Soldadura por Electrofusión	1
31	FC-ESM-01-F1	Registro de Montaje de Estructuras Metálicas	0
32	FC-SAN-01-F1	Registro de Prueba Hidráulica de Tuberías	0
33	FC-SAN-01-F2	Registro de Prueba de Humo para tuberías de desagüe	0
34	FC-PAV-01-F1	Registro de Fresado de Carpeta Asfáltica	0
35	FC-PAV-01-F2	Registro de Imprimación asfáltica	0
36	FC-PAV-01-F3	Registro de Aceptación de Mezcla Asfáltica	1
37	FC-PTR-01-F1	Registro de Señalización Horizontal	0
38	FC-PAI-01-F1	Registro de Reposición de Áreas verdes	0

6.2. Matriz de calidad

Se elaboró la matriz de Calidad donde detallamos en las filas los entregables según el WBS (Work Breakdown Structure) del proyecto (Anexo 7) por lo que se estructuró de la siguiente manera:

- Construcción de Cámara Especial o de Empalme CDE-01
- Construcción de Cámara Especial o de Empalme CDE-02
- Construcción de Pozas de Ataque y entibados
- Construcción de Túnel Liner y tramo 5 a zanja abierta
- Instalación de tubería HDPE de Ø 630 Y 1600mm (inc. Rellenos y pruebas)
- Construcción de cámaras y buzones
- Reposición de estructuras
- Construcción del Sistema de Bombeo
- Abandono y desmontajes
- Reposición de pavimentos

Y en el encabezado de las columnas, todos los protocolos de liberación aplicables a cada entregable (Ver Figura N°33).

Figura N° 33

Matriz de Calidad del Proyecto

MATRIZ DE CALIDAD					PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRAMIDE DEL DOL - SAN JUAN DE LURIBANCHO CONTRATISTA: CDAPRI S.A.														
2023					N° Reg. FC-TOP-01-F1	Registro de Control Topográfico	N° Reg. FC-TOR-01-F1	Registro de Control de Torque	N° Reg. FC-MOR-01-F1	Registro de Inspección de Montero	N° Reg. FC-MOR-01-F2	Registro de Inspección de Fresco	N° Reg. FC-MOR-01-F3	Registro de Inspección de la comprensión de montero	N° Reg. FC-CON-01-F1	Registro de Inspección de Concreto	N° Reg. FC-CON-01-F2		
LIB	NO	EP	NE	NA	1234	449	R1	288	DE	28	R2	233	R3	370	RA	108	R6	103	
LIB	NO	EP	NE	NA															
LIB	NO	EP	NE	NA															
Presagista	Descripción	Tipo de Entregable	Sub Tipo de Entregable	Detalle 1	Detalle 2														
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	TRAZO Y REPLANTEO			379	LIB	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	SOLIDOS	TRAZADO 0101		318	LIB	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	17	LIB	14
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	LOSAS DE FONDO	TRAZADO 0101		371	LIB	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	38	LIB	34
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	MUROS REFORZADOS	MUROS REFORZADOS	VER HITEL	394	LIB	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	46	LIB	43
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	MUROS REFORZADOS	MUROS REFORZADOS	CDONWEL		NE	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NE	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	DADO DE ANCLAJE	TRAZADO DE ANCLAJE	TRAZADO DE ANCLAJE		NE	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	DADO DE ANCLAJE	DADO DE ANCLAJE N°1	ORIENTACIÓN DE ANCLAJE	409	LIB	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	63	LIB	66
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	DADO DE ANCLAJE	DADO DE ANCLAJE N°2	ORIENTACIÓN DE ANCLAJE	409	LIB	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	71	LIB	66
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	ACCESORIOS DE ANCLAJE	TUBERÍA - MURO	DUNOMO (CD-01) @ CDE-01		NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	ACCESORIOS DE ANCLAJE	ACCESORIO DE ANCLAJE N°1 (C02-18-02-01)	REGISTRO N°1 (E-1, E-4, E-5)		NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	ACCESORIOS DE ANCLAJE	ACCESORIO DE ANCLAJE N°1 (C02-18-02-01)	REGISTRO N°2 (E-2, E-1, E-4)		NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	ACCESORIOS DE ANCLAJE	ACCESORIO DE ANCLAJE N°1 (C02-18-02-01)	REGISTRO N°3 (E-4, E-1, E-3)		NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	ACCESORIOS DE ANCLAJE	ACCESORIO DE ANCLAJE N°1 (C02-18-02-01)	DUNOMO (CD-01) @ CD-02		NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	ACCESORIOS DE ANCLAJE	ACCESORIO DE ANCLAJE N°2 (C02-18-02-02)	REGISTRO N°1 (E-1, E-2, E-3)		NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	ACCESORIOS DE ANCLAJE	ACCESORIO DE ANCLAJE N°2 (C02-18-02-02)	REGISTRO N°2 (E-4, E-1, E-4)		NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	ACCESORIOS DE ANCLAJE	ACCESORIO DE ANCLAJE N°2 (C02-18-02-02)	REGISTRO N°3 (E-1, E-1, E-4)		NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	ACCESORIOS DE ANCLAJE	ACCESORIO DE ANCLAJE N°2 (C02-18-02-02)	REGISTRO N°4 (E-1)		NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	ACCESORIOS DE ANCLAJE	ACCESORIO DE ANCLAJE N°2 (C02-18-02-02)	DUNOMO (CD-01) @ DEP-00		NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	
Cámaras y Buzones	CÁMARA	CÁMARA CD-01	ACCESORIOS DE ANCLAJE	ACCESORIO DE ANCLAJE N°3			NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	NA	-	

Para cada par entregable - protocolo aplicable, generados en la matriz de calidad se definen 5 estados:

- **LIB:** Protocolo liberado por Contratista y Supervisión de Obra
- **SC:** Protocolo liberado solo por Contratista

- SP**: Entregable ejecutado, pero sin protocolo
- NE**: Entregable no ejecutado
- NA**: No aplica protocolo

De tal forma que se tiene registrado la actualización de su data en una tabla resumen que sirve como reporte de avance de protocolización, como se muestra en la Tabla N°21.

Tabla N° 21

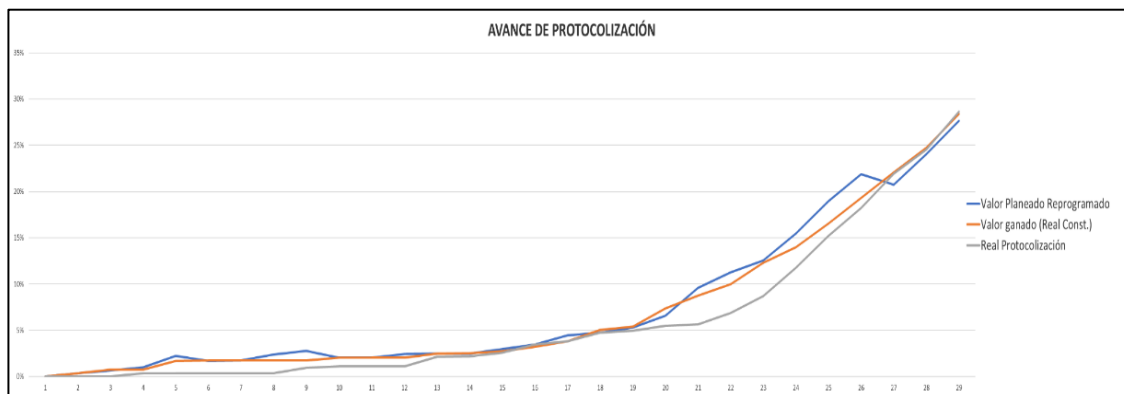
Reporte de Avance Semanal de protocolización según entregables

Especialidad	Total de Protocolos	Protocolos Elaborados	Pesos	Avance Real de Protocolos (%)	% Protocolización
Trabajos Preliminares	3	2	5.83%	66.67%	3.89%
Camara Especial CDE-01	220	150	6.22%	74.01%	4.60%
Tramo 1 : CD-01 a CDE - 01	354	265	8.70%	74.86%	6.51%
Tramo 7 : CD-01 a BZP - 03	214	159	3.78%	74.30%	2.81%
Tramo 2 : CD-02 a CD - 01	335	260	4.91%	77.61%	3.81%
Tramo 3 : CD-02 a BZP-01	580	500	15.84%	86.21%	13.65%
Tramo 4 : BZP-02 a BPZ-01	375	275	10.00%	73.33%	7.33%
Tramo 5 : BZP-02 a CD-03	506	10	8.69%	1.98%	0.17%
Tramo 6 : CD-03 a CDE-02	138	122	3.28%	88.41%	2.90%
Camara Especial CDE-02	200	26	9.56%	13.00%	1.24%
Sistema de Bombeo	328	247	9.43%	75.30%	7.10%
Reposición de Pavimentos	106	5	13.77%	4.72%	0.65%
TOTAL	3356	2019	1.00		54.68%

Asimismo, esto nos sirve para medir las desviaciones del avance de protocolización (indicador de calidad) con la curva S generado por el valor ganado y el programado por construcción semana tras semana (Ver Figura N°34).

Figura N° 34

Curva S con el avance de protocolización



6.3. Programa de liberación

Como parte del cumplimiento de los procedimientos constructivos del proyecto y el compromiso que tiene la empresa con el Sistema de Gestión de Calidad, se implementó el Programa de Liberación enviada semanalmente mediante correo electrónico al Cliente y a la Supervisión para su acompañamiento y validación de los procesos (Ver Tabla N°22).

Tabla N° 22

Programación semanal de actividades

Programación semanal (N°38) : 17/05/2021 al 22/05/2021									
TURNO	ESTRUCTURA	Tramo	L	M	M	J	V	S	
			17/05/2021	18/05/2021	19/05/2021	20/05/2021	21/05/2021	22/05/2021	
TURNO DIA	CDE-01							*Habilitación de área para Estr. De Sostenimiento	*Habilitación de área para Estr. De Sostenimiento
	CIS-01	(J.P.)	*Desencofrado y armado de plataforma	*Colocación de encofrado - muro 2 da etapa	*Colocación de Concreto muro 2da ETAPA (2pm sec 30min)	*Desencofrado - muro 2 da etapa	*Colocación de acero encofrado - Canal	*Colocación de Concreto - Canal (10 am)	
	BZP-03	T7 (J.P.)	*Colocación de Concreto cuerpo (10 am)	*Colocación de acero y encofrado - Losa superior	*Colocación de Concreto - Losa superior (11 am)	*Colocación de acero y encofrado - Anillos de buzón	*Colocación de acero y encofrado - Anillos de buzón	*Colocación de acero y encofrado - Anillos de buzón	
	CD-01	T30 (L.Ñ.)	*Liberación Prueba de Humo TRAMO 1 Y 7	*Relleno de mortero reoplástico TRAMO 1 Y 7	*Prueba Televisiva TRAMO 1 Y 7	*Colocación de concreto - Losa (1pm)	*Colocación de acero y encofrado - Muro	*Colocación de acero - Losa	
		T23 (L.Ñ.)	*Colocación de acero - Losa	*Colocación de acero - Losa	*Colocación de acero - Losa				
	CD-02	T21 (L.Ñ.)	*Liberación Prueba de Humo TRAMO 2 Y 3	*Relleno de mortero reoplástico TRAMO 2 Y 3	*Prueba Televisiva TRAMO 2	*Colocación de acero - Losa	*Colocación de acero - Losa	*Colocación de Concreto - Losa (12pm)	
		T34 (L.Ñ.)	*Colocación de acero - Losa	*Colocación de acero - Losa	*Colocación de acero - Losa				
	BZP-01	T32						*Colocación de acero - Losa	
		T45	*Electrofundición pega N°11 TRAMO 4	*Liberación Prueba de Humo TRAMO 4	*Relleno superfluido TRAMO 4	*Prueba Televisiva TRAMO 4			
BZP-02	T43 (J.E.)								
CD-03	Tramo 6 (J.E.)	*Excavación y colocación de entibados	*Excavación y colocación de entibados	*Colocación de solado	*Colocación de plataforma * Electrofundición pega N°1 TRAMO 6	*Electrofundición pega N°3 TRAMO 6	*Electrofundición pega N°5 TRAMO 6		

Además, se envía a la Supervisión diariamente el Plan diario de Liberaciones, donde se coloca todas las actividades del día siguiente, así como las inspecciones o liberaciones de alguna parte del proceso, tal y como lo indica la Tabla N°23.

Tabla N° 23

Plan diario de liberaciones enviada a Supervisión

COSAPI		PLAN DIARIO DE LIBERACIONES					sedapal		HC&A		ID del Documento: 3097-SG-PL-01
											Revisión: 0
											Fecha: Ago-20
											Especiali General
NOMBRE DEL PROYECTO		CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL - SAN JUAN DE LURIGANCHO					N° REGISTRO:		273		
CONTRATISTA		COSAPI S.A.					FECHA:		19/05/2021		
CODIGO DEL PROYECTO		CR3097					PAGINA:		01 DE 01		
Ítem	WBS/ÁREA	Sub Área	Actividades Constructivas	Ubicación	Controles de calidad	Codigo de Formato	Realizado por	Fecha Programada	Hora Requerida	Observaciones	
LIBERACIONES OBRAS CIVILES											
1	Sistema de Bombeo / Sistema CIS-01	Muro 2da etapa	Colocación de concreto	CIS-01	Inspección prevaciado y Concreto fresco	FC-CON-01-F1 FC-CON-01-F2	B. MUÑOZ	19/05/2021	11:00:00	COLOCACIÓN DE CONCRETO PROGRAMADO PARA 14:30 HRS	
2	Cámaras y buzones / Buzón BZP-03	Losa Superior	Colocación de concreto	BZP-03	Inspección prevaciado y Concreto fresco	FC-CON-01-F1 FC-CON-01-F2	B. MUÑOZ	19/05/2021	11:30:00	COLOCACIÓN DE CONCRETO PROGRAMADO PARA 14:30 HRS	
3	Cámaras y buzones / CD-03	Solado	Colocación de concreto	CD-03	Inspección prevaciado y Concreto fresco	FC-CON-01-F1 FC-CON-01-F2	B. MUÑOZ	19/05/2021	14:00:00	COLOCACIÓN DE CONCRETO PROGRAMADO PARA 14:30 HRS	
4	Cámaras y buzones / CD-01	Losa Superior	Colocación de acero de refuerzo	CD-01	Inspección prevaciado	FC-CON-01-F1	B. MUÑOZ	19/05/2021	15:00:00	LIBERACIÓN PARCIAL (SOLO ARMADO DE ACERO)	
5	Cámaras y buzones / CD-02	Losa Superior	Colocación de acero de refuerzo	CD-02	Inspección prevaciado	FC-CON-01-F1	B. MUÑOZ	19/05/2021	15:30:00	LIBERACIÓN PARCIAL (SOLO ARMADO DE ACERO)	
6	Túnel Liner / Tramo 4	Confinamiento entre liner y tubería	Inyección de concreto superfluido	T-4	Inspección prevaciado	FC-CON-01-F1	B. MUÑOZ	19/05/2021	16:30:00	LIBERACIÓN DE ENCOFRADO INICIO Y SALIDA DE TRAMO 4	
LIBERACIONES OBRAS MECANICAS											
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
LIBERACIONES OBRAS DE PIPELINE											
1	Tubería HDPE 1600 / Tramo 1	Instalación de tubería	Prueba Televisiva	CD-01 @ CDE-01	Prueba Televisiva	FC-TUB-01-F4	A. MENDEZ	19/05/2021	14:00:00	LIBERACIÓN TRAMO 1	
2	Tubería HDPE 630 / Tramo 7	Instalación de tubería	Prueba Televisiva	BZP-03 @ CD-01	Prueba Televisiva	FC-TUB-01-F4	A. MENDEZ	19/05/2021	14:45:00	LIBERACIÓN TRAMO 7	
3	Tubería HDPE 1600 / Tramo 2	Instalación de tubería	Prueba Televisiva	CD-01 @ CD-02	Prueba Televisiva	FC-TUB-01-F4	A. MENDEZ	19/05/2021	14:45:00	LIBERACIÓN TRAMO 2	

6.4. Controles de calidad en los procesos

En este apartado describiremos los puntos de inspección de los distintos procedimientos constructivos que tiene el proyecto, desde la recepción de materiales hasta las pruebas y entregables finales que sirven para la recepción de Obra.

6.4.1. Excavación mediante Sistema Liner

Se realiza el seguimiento y verificación de las actividades secuenciales del procedimiento alineadas con el PPI “Sistema Liner”.

- a) Planificación: Como inicio al control de calidad se revisa toda la documentación del proveedor Tecnovial, es decir su certificado vigente de competencia bajo un Sistema de Gestión de Calidad y el dossier de calidad de los materiales a proveer (Ver Figura N°35)

Figura N° 35

Certificado de Calidad de planchas de acero y tornillería para liner



- b) Recepción de Materiales: Se realizan recepciones parciales de planchuelas de acero corrugado y pernería, según diámetro de diseño. Estas se dan por aceptado y validado con el Cliente (Ver Figura N°36) cuando los materiales cumplan con el diseño de túnel o poza liner, así como las normas de fabricación, galvanizado y/o planos aprobados por el Cliente, esto se deja asentado en el Registro de Inspección de Materiales.

Figura N° 36

Recepción de planchas de acero corrugado y pernería con el Cliente (SEDAPAL)



- c) Trazo y dirección de poza de excavación: Se mide topográficamente con la estación total calibrada (Ver Figura N°37), y se da por aceptado cuando el trazo y dirección de la poza cumplan las tolerancias especificadas en las EE.TT, esto quedará registrado en el Registro de Control Topográfico FC-TOP-01-F1.

Figura N° 37

Trazo y excavación de poza en cámara de bombeo CIS-01



- d) Empalme de planchas de acero corrugado: Se ensamblan las planchas de acero corrugado según configuración descrita en los planos, formando de esta manera un anillo del diámetro de la poza. Una vez armado tres anillos liner se procede a ajustar todos los pernos de unión. Finalmente se realizan dos mediciones para dar por aceptada la instalación (Ver Figura N°38):
- Inspección de calibración vigente del torquímetro
 - Verificación topográfica de verticalidad de anillos
 - Prueba de torque sometido al 5% de tuercas en las uniones transversales y longitudinales deben superar el torque mínimo permisible de 16 ± 2 kg-m, todo ello queda registrado en el Registro de Control de Torque.

Figura N° 38

Ajuste de pernos y prueba de torque en poza liner



- e) Inyección de mortero rheoplástico: Se inicia con la capacitación del uso del equipo de mezcla e inyección, así como el diseño del mortero. Se da por aceptado cuando se cumpla con el diseño de mezcla del mortero aprobado por la Supervisión, cuando se haya completado la inyección en los anillos liner instalados, esto queda registrado en el Registro de Mortero Fresco (ver Figura N°41) y finalmente cuando se haya muestreado los cubos de mortero a 7 y 28 días (ver Figura N°42)

Figura N° 39

Verificación de calibración vigente de Torquímetro de golpe



Figura N° 40

Capacitación uso de Bomba de inyección Mini Avant – TURBOSOL y rotulado de baldes para dosificación de mezcla



Figura N° 41

Control de mortero fresco: extensibilidad de mortero y temperatura



Figura N° 42

Muestreo de mortero en especímenes cúbicos de 2"x2"x2" y roturas a los 7 y 28 días.



6.4.2. Instalación de tuberías HDPE



a) **Planificación:** Contempla todos los procedimientos previos para instalar desde la revisión técnica de EE.TT hasta la aprobación del producto en planta.

a.1) Revisión de Expediente Técnico:

En este punto se revisa la documentación de entrada, es decir se verifican los requisitos que deben tener las tuberías y acoples de HDPE descritas en las especificaciones técnicas (ver Figura N°43) para realizar un adecuado requerimiento de los productos.

Figura N° 43

Extracto de las Especificaciones Técnicas Específicas del proyecto

 SERVICIO DE AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO DE LIMA		SUPERVISIÓN DE OBRA "TRABAJOS DE EMERGENCIAS COLECTOR CANTO GRANDE- S.J.L. ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL- LÍNEA 1 DEL METRO" FASE 4: DISEÑO Y SUPERVISIÓN DE CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN ESTACIÓN PIRAMIDE DEL SOL ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ESPECÍFICAS		Doc. 319.001-PCT-00-01 Rev. 0 Fecha: Noviembre 2019 Página 84 de 192	
 HC&A ASOCIADOS Consultores en Proyectos de Inversión y Desarrollo de Recursos					

04.05.04 Suministro de tubería HDPE SN-4 SDR 26 NTP-ISO 8772:2009 DN 1600mm

Descripción

Consiste en el suministro de tuberías HDPE (Poliétileno de Alta Densidad) en el Almacén de Obra o cercano a él, con la finalidad de evitar daños en el transporte, se prevé dejar las zonas despejadas para un mejor acopio de tuberías. El Contratista deberá prever la ruta de traslado de la fábrica a la zona de acopio de tuberías.

Características

Tubería HDPE SN4 SDR26 PN6 ISO 4427, NTP ISO 8772, Dn 1600mm (5m) Color Naranja

El polietileno es un material termoplástico destinado a diversas aplicaciones debido a sus características de baja rugosidad, resistencia a la corrosión y elevada flexibilidad.

Su vida útil es como mínimo de 50 años, tiempo comprobado a través de ensayos realizados por los fabricantes.

La longitud del tubo de acuerdo al requerimiento del proyecto será de 5m.

Las tuberías de HDPE no deben entrar en contacto con el fuego o llama directa, bajo ninguna circunstancia. Del mismo modo, se deberá evitar la exposición innecesaria a los rayos ultravioleta de la luz solar

a.2) Revisión de Documentación Mínima requerida:

Como segundo punto, se verifica el cumplimiento de la documentación mínima para los materiales importados, es decir la certificación de la planta de fabricación con alcance mínimo de los productos bajo la norma ISO 9001 (ver Figura N°44), además de contar con la inspección de una entidad tercera a la fabricación de los productos como conformidad del cumplimiento de los estándares de calidad, como lo indica el Informe de Auditoría N°IA-001-2020 (ver Figura N°45)

Se da conformidad a las tuberías y acoples HDPE mediante certificados de calidad, como lo muestra la Figura N°46.



Figura N° 44

Certificación de la planta de fabricación de AGRU para tuberías y acoples de HDPE



Figura N° 45

Extracto de Informe de auditoría

		INFORME DE AUDITORIA N°. IA-001-2020 Rev. 0		Código:	F-SGC-007
				Fecha:	1/10/2019
				Versión:	00
				Página:	2 de 33
Objetivo de auditoría: Verificar la conformidad de las especificaciones y/o normas aplicables, en el cumplimiento del sistema de gestión de la calidad establecido para el sistema de tuberías plásticas para drenaje y alcantarillado subterráneo sin presión – (PE) "Bajo los requisitos de las especificaciones técnicas de SEDAPAL CTP5-ET-004 Criterios de Aceptación de Materiales Nacionales e Importados"				Auditoría efectuada: Noviembre, 11 del 2020	
Alcance de la auditoría: Revisión documental, atestiguamiento y mediciones aleatorias para verificar cumplimiento durante el proceso de fabricación e inspección de Tubería HDPE PE 100 SN-4 SDR 26 NTP-ISO 8772: 2009 DN 1600mm – Tubería Naranja RAL 1033 para el proyecto "CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO"				Criterio: ISO/IEC 8772:2009.	
Personas auditadas (Contactadas): Tom Nichols – IPS Quality Control Manager				Fecha:	Lugar:
				Desde: 11/11/2020	Instalaciones de AGRU , Charleston, SC 29495 USA
				Hasta: 18/11/2020	
Audidores (Nombre)	Cargo	Firma	Áreas auditadas y fechas de producción		
Ing. Raúl León (MR&T)	Auditor Líder		Áreas: Planta de proceso, laboratorio de ensayos. Fechas Producción: 11 al 18 de noviembre del 2020.		
CONCLUSION:					
<ul style="list-style-type: none"> - El resultado de la verificación es: ACCEPTABLE - La verificación fue realizada considerando una frecuencia de verificación de 1 día. Se programó realizar una verificación en la Planta de AGRU durante la fabricación del producto. Para ello hemos tenido en cuenta que la producción fue realizada en un solo batch (Cod.FP70.700Q.1600.26) sin parar y que los parámetros han permanecido constantes durante toda la fabricación. No existieron paradas repentinas ni rearranques de los equipos. Toda la producción se realizó de una sola vez - El ensayo de NDT por TOFD confirma que se usó Pre-compounded Material (Premezclado). - No se detectaron las ventanas típicas de deficiente mezclado típico en el mercado norteamericano por el uso de master batch y mezcla con material sin color en la extrusora misma. - La Prueba por TOFD confirma que el Material es homogéneo y libre de segregaciones de acuerdo a las buenas prácticas de ingeniería típicas en el mercado europeo y australiano y se confirma asimismo que se trata de material virgen. - No se detectó reflectores típicos compatibles con material reciclado con la prueba. 					

Nota. Inspección de auditoría realizado por la entidad Materials Research Technology a la fabricación de tuberías HDPE en Charleston – Carolina del Sur – EE.UU.

Figura N° 46

Certificado de conformidad realizado de Acoples de HDPE por la entidad KIWA-UNI en planta de fabricación AGRU - Austria



a.3) Transporte y Almacenamiento:

Se verifica el cumplimiento de las recomendaciones del proveedor QSI para el transporte y almacenamiento de tuberías y acoples de HDPE.

- Transporte planta AGRU - Perú (Puerto Callao)

El transporte de las tubería y acoples será vía marítima, en contenedores de 40 pies, como indica la Figura N°47. El suministro de tuberías se realiza desde la Planta Charleston, South Carolina, EEUU y el suministro de acoples desde la planta Bad Hall, Austria.

Figura N° 47

Dimensiones del contenedor para la importación

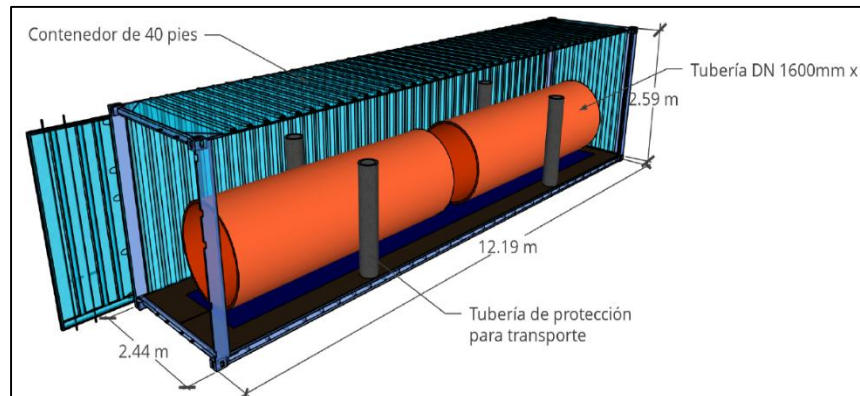
40 PIES STANDARD (DRY CARGO) 40' X 8' X 6' "						
Tara: 3630-3740kg / Carga Máxima 2674 - 226850kg / Capacidad Cubica 67.7m3						
MEDIDAS	EXTERNA		INTERNA		PUERTA ABIERTA	
	Metros	Pies	Metros	Pies	Metros	Pies
LARGO	12.19	40'	12.03	39'6"		
ANCHO	2.43	8'	2.34	7'8"	2.33	7'8"
ALTO	2.59	8'6"	2.40	7'10"	2.29	7'6"

Los contenedores estarán especialmente preparados para reducir la posibilidad de daños durante la carga, transporte y descarga (tuberías de protección en las paredes laterales y revestimiento de plástico en el suelo).

Los extremos de los tubos están cerrados con una lámina de PE para evitar la entrada de suciedad durante el transporte y almacenamiento. Para mantener la circunferencia de las tuberías serán instaladas crucetas de madera como dispositivo de estabilización del diámetro interior, luego se colocará una cubierta en ambos extremos de la tubería (Ver Figura N°48)

Figura N° 48

Esquema para el transporte de tuberías dentro del contenedor de 40'



➤ Transporte puerto del Callao - Almacén

El transporte de las tuberías desde el puerto del Callao se realizará con una cama baja, como se muestra en la Figura N°49.

Figura N° 49

Llegada de tuberías HDPE al Almacén del Proyecto



➤ Descarga y almacenamiento

Durante la descarga, se debe tener cuidado de no arrastrar las tuberías sobre bordes afilados o agregado suelto, evitando almacenarla directamente sobre terreno accidentado. Los accesorios deben transportarse sin ser retirados del pallet, manteniendo su protección original.

Para el proceso de izaje de carga no se debe usar cadenas de elevación de metal pues estos podrían dañar la tubería (Ver Figura N°50)

Para el proceso se debe considerar el uso mínimo de:

- 01 montacarga o grúa con una capacidad mayor a 6 ton y con Longitud de horquilla mayor a 1.00 m
- En caso sea transportado por grúa, el uso de 02 eslingas con capacidad mayor a 2 ton
- Manto o trapos industriales a lo largo de la horquilla para evitar daños a la tubería

Figura N° 50

Descarga con montacargas de 12 ton de capacidad y horquilla de 1200 mm de longitud.



Para el almacenamiento, se deberá tener una distribución que permita realizar inspecciones visuales, tal y como se ve en la Figura N°51.

La zona de almacenamiento debe ser uniforme y estar libre de residuos como piedras, tornillos, clavos, etc.

Las tuberías deben almacenarse generalmente en un terreno plano sin bordes afilados (como piedras). Las tuberías deben asegurarse contra movimientos durante el almacenamiento. Los tubos deben almacenarse planos y sin esfuerzos de flexión.

Para el almacenamiento durante un largo periodo, se recomienda cubrir las tuberías con una película protectora para protegerlas de las inclemencias del tiempo, la radiación UV y la suciedad.

Figura N° 51

Almacenamiento de tuberías HDPE 1600 mm en el proyecto



Todos los accesorios deben almacenarse en su embalaje original y en un área protegida para evitar la influencia de las condiciones ambientales y daños mecánicos hasta que se utilicen (ver Figura N°52).

Figura N° 52

Almacenamiento de Acoples HDPE 1600 y 630 mm en almacén del proyecto



➤ Transporte Almacén - Frentes de trabajo

Para el transporte del lugar de almacenamiento al frente de trabajo de instalación (pegas de tuberías), se recomienda utilizar un camión grúa, además de un montacarga y eslingas para los trabajos de izaje (Figura N°53).

Figura N° 53

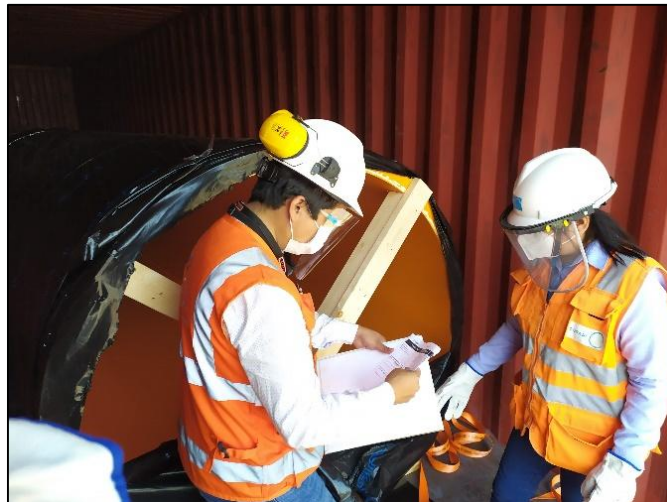
Descarga de tuberías HDPE hacia el lugar de tratamiento previo a las electrofusión.



- b) Recepción de materiales: Se realiza la verificación cualitativa y cuantitativa de las tuberías y acoples HDPE por cada entrega según el packing list descrito por cada container.

Figura N° 54

Recepción y verificación de tuberías HDPE según packing list



c) Homologación de Soldadores

En este punto de inspección, verificamos que la empresa encargada de homologar a los soldadores con su equipo de electrofusión HURNER modelo HST 300 Pricon 2.0, cuente con la siguiente documentación:

- Certificado de HURNER bajo la norma ISO 9001.2015
- Certificado de Conformidad del Equipo de Electrofusión de marca HURNER de modelo HST 300 Pricon 2.0
- Registro de capacitación como parte de la homologación de soldadores: teórico y práctico (ver Figura N°55)

Figura N° 55

Capacitación y certificación de soldadores con equipo HURNER



Según Figura N°56, se emite la tarjeta de Certificación del operador bajo la norma ISO 12176-3:2011 Tuberías y accesorios de plástico con equipo para unir por fusión sistemas de polietileno, el cual tiene como objetivo lograr la interoperabilidad internacional entre la insignia del operador y el equipo de lectura de tarjetas de los equipos de unión por fusión, emitido por HURNER

Figura N° 56

Tarjeta de identificación de soldadores ISO 12176-3 para acceso a equipo de electrofusión HURNER HST 300 Pricon 2.0



d) Preparación de tuberías

Contempla las actividades previas al proceso de electrofusión y son las siguientes:

- Limpieza de tubería con agua en presión y trapo industrial
- Para tuberías de gran tamaño, se identificará su diámetro horizontal y vertical. En función a ello se posicionará la tubería de tal forma que el mayor valor se ubique de forma paralela a la dirección de la gata hidráulica del redondeador (horizontal)

De acuerdo con la longitud del acople, se demarcará sobre la tubería el área de escarificado que estará comprendido entre 40 y 295 mm (mitad de la longitud del acople), medidos desde el extremo de la tubería. Para tuberías de gran tamaño, se instalará del redondeador sobre la marca realizada en la tubería (borde de acople), como se ve en la Figura N°57.

Figura N° 57

Demarcación de área de escarificado.



- Para tuberías de gran tamaño, se instalará el escarificador rotacional eléctrico, para realizar el proceso de escarificado (0.2mm) en el área de tubería demarcada, este procedimiento se realizará en ambos extremos de las tuberías a instalar. Tuberías de menor tamaño podrá escarificarse de forma manual (Figura N°58)

Figura N° 58

Escarificado de zona de contacto con acople de HDPE.



- Terminado el proceso de escarificado, se limpiará la superficie intervenida con alcohol isopropílico y en caso ese extremo de tubería no requiera la colocación del acople se recubrirá con la cinta stretch film (Ver Figura N°59)

Figura N° 59

Recubrimiento con cinta stretch film de extremo de tubería preparada.



- Para tuberías de gran tamaño, se colocará el acople en uno de los extremos de tubería escarificados con apoyo del retractor hidráulico, terminado de colocar el acople en la tubería se retirará el retractor. Para tuberías de tamaño estándar se realizará de forma manual (Ver Figura N°60)

Figura N° 60

Colocación de acople sobre extremo de tubería preparada



- Protección con cinta stretch de la superficie del acople y extremo de tubería escarificado film para su transporte al frente de electrofusión (Ver Figura N°61)

Figura N° 61

Transporte de tubería a frente de trabajo

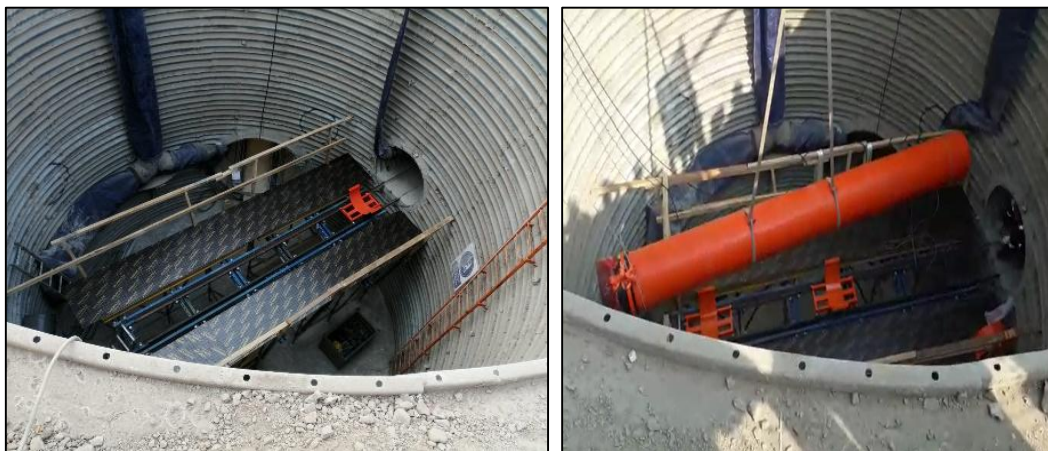


e) Izaje de tuberías sobre plataforma de electrofusión

Las tuberías de HDPE preparadas serán llevadas al frente de trabajo mediante camión grúa (ver Figura N°62)

Figura N° 62

Izaje de tubería sobre plataforma de electrofusión



f) Alineamiento vertical y horizontal

- Una vez apoyada la tubería sobre los carritos se logrará su alineamiento horizontal y vertical con el eje de trazo de red tubería proyectado (Ver Figura N°63).

Figura N° 63

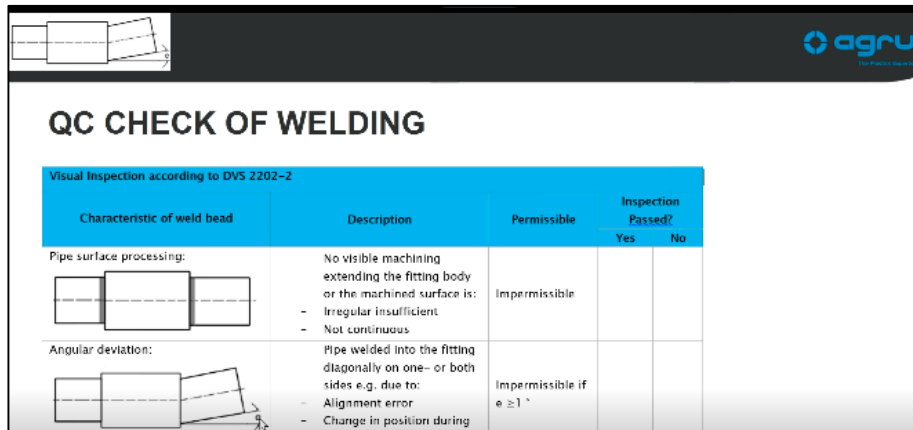
Alineamiento de tubería dentro de túnel liner



- Las tolerancias permisibles de distorsión angular es de 1° (Figura N°64)

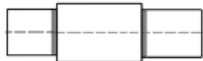

Figura N° 64

Tolerancias de desalineamiento horizontal y vertical.



QC CHECK OF WELDING

Visual Inspection according to DVS 2202-2

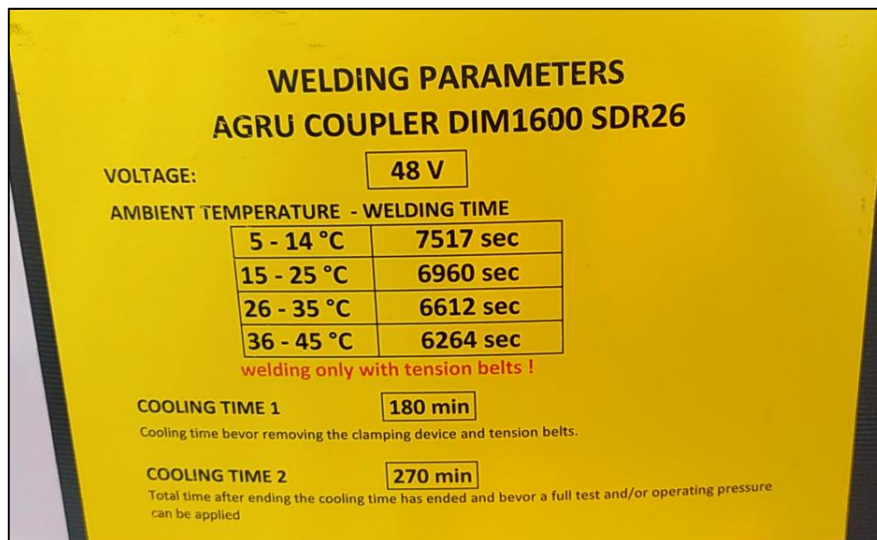
Characteristic of weld bead	Description	Permissible	Inspection Passed?	
			Yes	No
Pipe surface processing: 	No visible machining extending the fitting body or the machined surface is: - Irregular insufficient - Not continuous	Impermissible		
Angular deviation: 	Pipe welded into the fitting diagonally on one- or both sides e.g. due to: - Alignment error - Change in position during	Impermissible if $\alpha \geq 1^\circ$		

g) Proceso de electrofusión de tuberías de 1600mm y 630mm

- Alineadas las tuberías se procede a instalar un equipo de electrofusión en cada extremo del acople bifilar.
- Cada acople tiene un código de barra que indica las características de la tubería y el tiempo de soldadura (ver Figura N°65).

Figura N° 65

Parámetros de electrofusión de acople de tubería HDPE 1600mm.



WELDING PARAMETERS
AGRU COUPLER DIM1600 SDR26

VOLTAGE: **48 V**

AMBIENT TEMPERATURE - WELDING TIME

5 - 14 °C	7517 sec
15 - 25 °C	6960 sec
26 - 35 °C	6612 sec
36 - 45 °C	6264 sec

welding only with tension belts !

COOLING TIME 1 **180 min**
Cooling time before removing the clamping device and tension belts.

COOLING TIME 2 **270 min**
Total time after ending the cooling time has ended and before a full test and/or operating pressure can be applied

- Del gráfico, para la temperatura medioambiental que varía entre 15 y 25°C, se obtiene los tiempos de electrofusión y enfriamiento, como se muestran en la Tabla N°24.

Tabla N° 24

Tiempos de electrofusión y enfriamiento – Tuberías HDPE 1600mm.

Proceso	Tiempo (hh:mm)	Actividades permitidas al término del proceso
Electrofusión	01:56	No pueden retirarse los accesorios y equipo de electrofusión, además no puede desplazarse la tubería.
Enfriamiento 1	03:00	Pueden retirarse los accesorios y equipo de electrofusión, pero no desplazarse la tubería.
Enfriamiento 2	04:30	Puede desplazarse la tubería.

- Previo al inicio de soldadura el equipo de topografía deberá verificar los niveles, pendiente y alineamiento del conjunto tuberías – acople (ver Figura N°66).

Figura N° 66

Verificación de niveles, pendiente y alineamiento para la instalación de tuberías



- Además, debe fijarse y asegurar el posicionamiento de las tuberías con el acople de tal forma que se garantice la fusión de tuberías – acople, por lo que es necesario verificar el ajuste con 02 llaves de correa transversales colocadas en los extremos del acople y 02 llaves de correas longitudinales de tal forma que mantengan los redondeadores separados (ver Figura N°67).

Figura N° 67

Llaves de correas en el acople y en los redondeadores para fijar el posicionamiento de conjunto tuberías – acople.



- Luego del ajuste de redondeadores y llaves de correas se deberá observar el interior de la unión entre tuberías, esta deberá tener una separación máxima permitida de 20 mm (ver Figura N°68).

Figura N° 68

Verificación de separación entre tuberías $s < 20$ mm

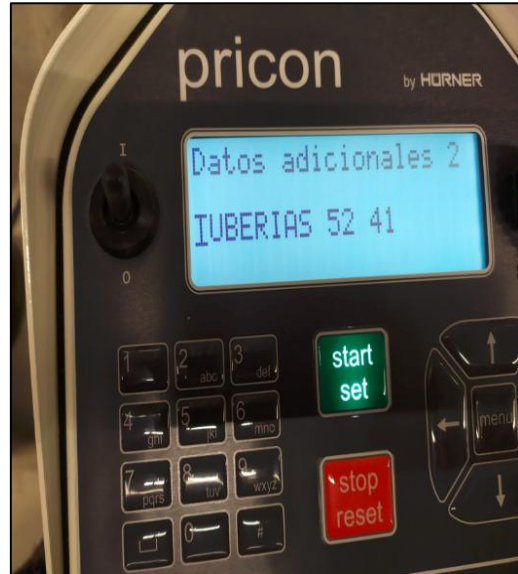


- Mediante el empleo de 01 software y lector de código de barra que posee cada tarjeta de identificación del soldador, se ingresarán los parámetros de electrofusión

y datos adicionales al equipo de electrofusión de forma manual para iniciar el proceso de soldadura entre tubería y acople (ver Figura N°69).

Figura N° 69

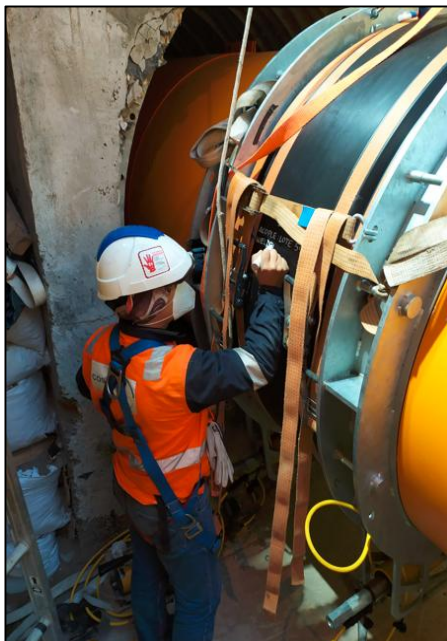
Ingreso de data adicional y electrofusión de tuberías y acoples



- El soldador deberá rotular los datos de electrofusión para identificar cada pega de tuberías (ver Figura N°70), de esta manera cuando haya cambio de turno, el personal puede retomar la medición.

Figura N° 70

Marking de soldadura por electrofusión de tuberías HDPE



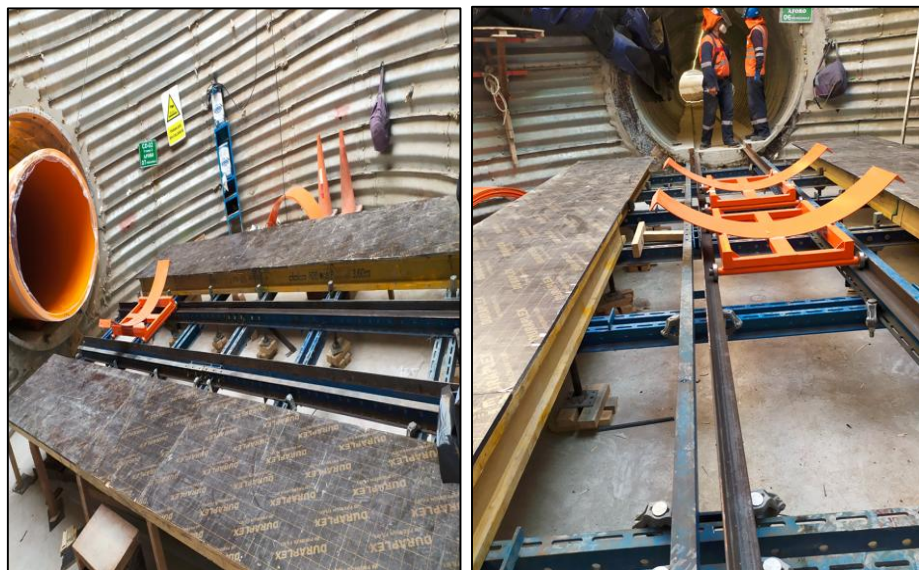
- Culminado el proceso de soldadura se iniciará el proceso de enfriamiento. Al término del primer tiempo de enfriamiento los equipos y accesorios de electrofusión serán retirados y se iniciará la verificación de la calidad de la soldadura del acople mediante la prueba del humo.
- Luego de que la soldadura pasara la prueba de humo, se esperará el término del enfriamiento 2 para proceder a desplazar la tubería en el interior del túnel liner.

h) Desplazamiento de tubería dentro del túnel liner

- Culminado el proceso de enfriamiento de la soldadura y superada la prueba del humo, se introducirá la tubería dentro del túnel liner con ayuda de los carritos metálicos, los mismos que estarán encarrilados mediante el sistema de rieles colocado sobre el solado de los túneles liner horizontales (ver Figura N°71)
- Conforme se incremente la cantidad de tuberías electrofusionadas se requerirá el sistema de arrastre de tuberías mediante winche horizontal eléctrico.

Figura N° 71

Sistema de rodadura como desplazamiento las tuberías al interior del túnel liner



i) Instalación de tuberías en zanja abierta – Tramo 5

- Se trasladan las tuberías a los frentes de trabajo mediante el camión grúa
- Instalados los entibados se instalará el solado y sistema de rieles en el fondo de zanja abierta
- Con el apoyo del camión grúa se descenderá la tubería hasta que se apoye sobre los carritos metálicos

- Se prepararán las tuberías, conforme lo indicado en los ítems anteriores para iniciar el proceso de electrofusión en fondo de zanja abierta.
- Debido a que las tuberías empleadas en este tramo son las mismas a las anteriores su proceso de electrofusión se ejecutará de forma similar a lo indicado en ítems anteriores, con la diferencia que el proceso se realizará de forma continua y mediante un tren de trabajo en fondo de zanja abierta (ver Figura N°72)

Figura N° 72

Vista panorámica de electrofusión en tramo 5



6.4.3. Construcción de cámaras y buzones

a) Trazo y replanteo

Como primer punto de inspección, se verifica el trazo del área de excavación de las cámaras de derivación según planos aprobados para construcción (ver Figura N°73). También se deja referencias y se verifica la cota de fondo de la cámara.

Figura N° 73

Verificación de cámara en área de excavación (poza liner)



b) Excavación para cámaras y buzones

En el tramo de zanja abierta se usan equipos como excavadoras o retroexcavadoras, y en la mayoría donde el sostenimiento es la poza liner también se usan equipos como excavadoras o retroexcavadoras pero hasta determinada profundidad luego se continuarán de forma manual (ver Figura N°74)

Se verificará que la excavación sea hasta la profundidad requerida según planos.

Figura N° 74

Excavación con equipo mecánico (poza liner)



Vaciado de solado

Previo a la ejecución de la losa de fondo de las cámaras de derivación, se coloca el solado con un espesor mínimo de $e = 0.10\text{m}$ que sirve para nivelar la superficie y para trazar el acero de losa de fondo y muros de las cámaras de derivación (ver Figura N°75)

Figura N° 75

Vaciado de solado en pozas liner



c) Armado de acero, encofrado y vaciado de losa de fondo de cámaras y buzones

- Se verifica el enmallado del fierro corrugado para la losa base, respetando los espaciamientos entre barra y barra, indicados en el plano estructural. También se dejará bien ubicado el acero para muros o los arranques de amarre para el muro de las cámaras de derivación (ver Figura N°76).

Figura N° 76

Acero y encofrado en losa de fondo



- Se procede con el encofrado de la losa base de la cámara de derivación
- Se coloca desmoldante sobre los moldes de encofrado para lograr una superficie lisa caravista.
- Se realiza el vaciado de la losa utilizando concreto de $f'c$ 280 kg/cm². Al final se debe curar la losa con curador químico.

d) Colocación de acero, encofrado y vaciado del muro y losas para techos

d.1) Cámaras

- Se verifica la colocación de acero, según los planos, respetando el espaciamiento entre barra y barra (ver Figura N°77)

Figura N° 77

Colocación de acero estructural



- Se procede con el encofrado interior de la cámara de derivación. Se colocará desmoldante sobre los moldes y paneles de encofrado (ver Figura N°78).

Figura N° 78

Aplicación de desmoldante en encofrado



- Se realiza el vaciado utilizando concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.
- Se procede al desencofrar una vez se alcance la resistencia requerida.
- Se dejará una ventana cuadrada para el emboquillado posterior, indicado en los planos aprobados.
- Se realiza el curado con curador químico (ver Figura N°79)

Figura N° 79

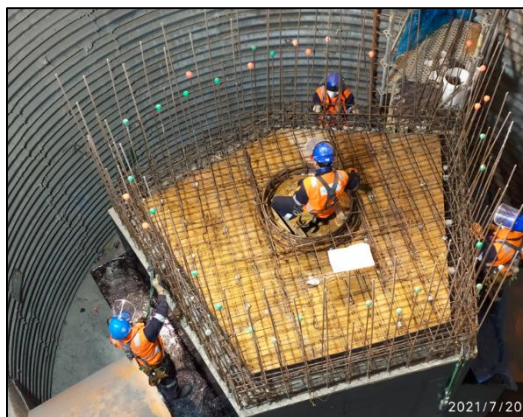
Curado químico de muros en cámaras



- Luego se procede a encofrar el techo intermedio con cota más baja, dejando espacio para la instalación de la rejilla de inspección (ver Figura N°80)

Figura N° 80

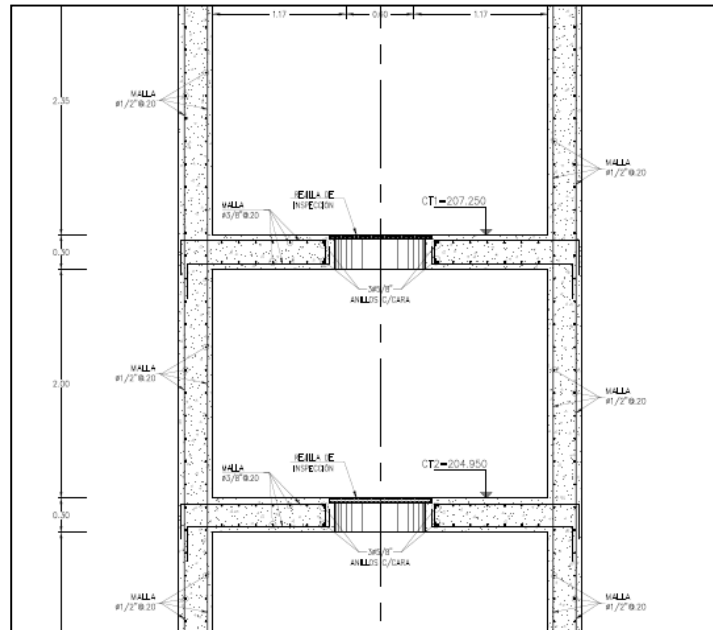
Encofrado de losa intermedia



- Se realiza el seguimiento del desencofrado cuando la estructura haya alcanzado la resistencia mínima requerida a los 7 días, es decir cuando las resistencias de las probetas de concreto sean mayor o igual al 70% de la resistencia requerida.
- De la misma forma se construye el segundo techo intermedio (ver Figura N°81)
- Todos los elementos vaciados deben ser curados con curador químico.

Figura N° 81

Muros, losa de techo y rejilla de inspección de cámaras de derivación

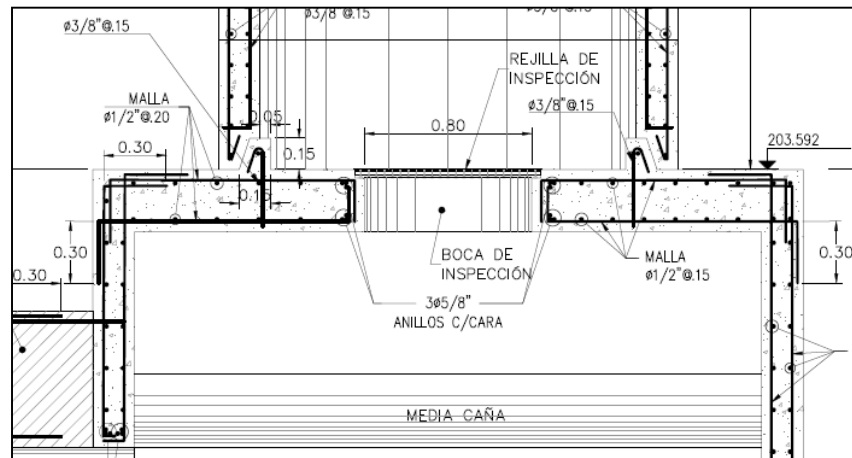


d.2) Buzones

- Se realiza la colocación de acero, según los planos, respetando el espaciamiento entre barra y barra.
- Se procede con el encofrado interior del buzón. Se colocará desmoldante sobre los moldes y paneles de encofrado.
- Se realiza el vaciado utilizando concreto $f'c = 280 \text{ kg/cm}^2$.
- Se procede al desencofrar una vez se alcance la resistencia requerida.
- Se realiza el curado con curador químico.
- Luego se procede a encofrar el techo intermedio del buzón, dejando espacio para la instalación de la rejilla de inspección. Se desencofra cuando la estructura haya llegado a la resistencia necesaria.
- Se debe dejar el borde superior dentado para la instalación de los anillos superiores prefabricados de concreto (ver Figura N°82)

Figura N° 82

Muros, losa de techo y rejilla de inspección de buzones



e) Emboquillados y dados de anclaje

- Se instala el water stop NFR SBR (caucho) con dos zunchos de fijación de acero inoxidable (ver Figura N°83), para que garantice la impermeabilización en el área de contacto tubería HDPE y muro de concreto, es decir en contacto con el grouting del emboquillado.

Figura N° 83

Waterstop NFR SBR con zunchos de fijación



- El detalle del emboquillado se puede apreciar en la Figura N°88, así como los planos de detalle de dados de anclaje aprobados.
- Se realizará el trazo de los anclajes de HDPE (electroflex), además de la limpieza y escarificado en la sección de la tubería, según Figura N°84.

Figura N° 84

Preparación de superficie de contacto electroflex – tubería HDPE



Nota. Trazo, escarificado, limpieza en la tubería HDPE y limpieza de accesorio de anclaje HDPE (electroflex)

- Se fijan los electroflex mediante una llave de correa alrededor de la tubería HDPE, tal y como lo muestra la Figura N°85.

Figura N° 85

Fijación de electroflex alrededor de la tubería



- Se inicia la pega de los electroflex mediante electrofusión alrededor de la tubería, esto se hará respetando el voltaje, la resistencia, y el tiempo de fusión que indica el equipo cuando estos elementos son conectados al equipo con los terminales (ver Figura N°86). Se verifica el cumplimiento del tiempo de enfriamiento por 30 minutos.

Figura N° 86

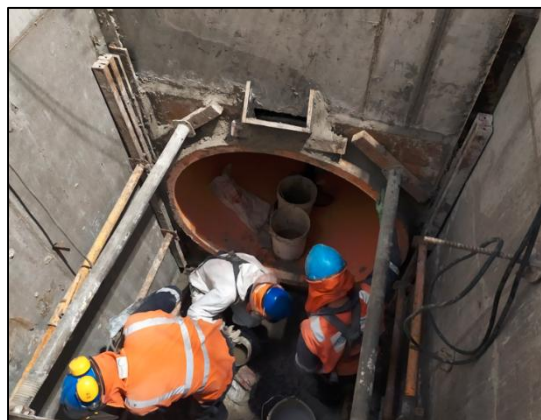
Soldadura de accesorios de anclajes HDPE (electroflex)



- Se colocará el anillo wáter stop de caucho y el wáter stop (Cinta hidroexpansiva) alrededor de la tubería.
- Se colocará mortero predosificado con gravilla ¼" min. $f'c=750$ kg/cm² en la ventana del emboquillado (ver Figura N°87)

Figura N° 87

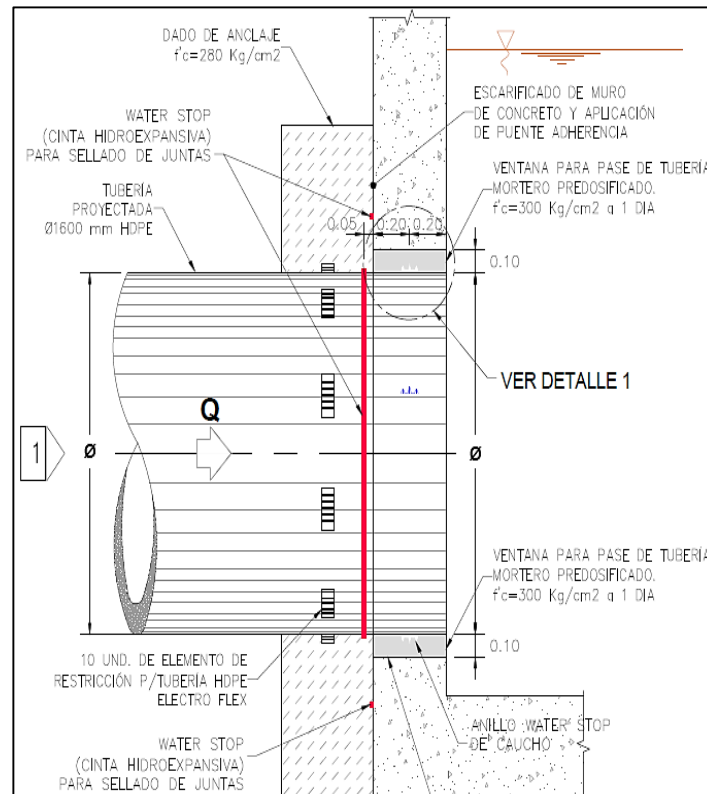
Colocación de mortero de alta resistencia $f'c=750$ kg/cm²



- Se realizará el escarificado de la sección del muro de concreto que tendrá contacto con el dado de anclaje, y posterior a ello se colocará el wáter stop (Cinta hidroexpansiva) de forma cuadrada (ver Figura N°88).

Figura N° 88

Detalle de dado de anclaje en cámara tubería existente HDPE

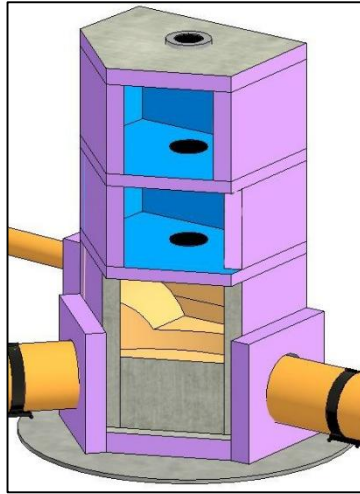


f) Impermeabilización

En el proyecto se realizaron dos tipos de impermeabilización interior: por cristalización y con epóxico. Por otro lado, para la impermeabilización exterior se realizó la imprimación bituminosa (ver Figura N°89).

Figura N° 89

Zonificación de impermeabilización de cámaras y buzones



Nota. (a) Color naranja – Impermeabilización por cristalización, (b) Color Azul – Impermeabilización con epóxico , (c) Color Violeta – Impermeabilización bituminosa en exterior

f.1) Planificación

Como parte del control de calidad del proceso de impermeabilización, es importante conocer los documentos de entrada y los procedimientos que se aplicarán en el proyecto.

- Recepción de materiales: certificados de calidad y ensayos según aplique (ver Figura N°90)

Figura N° 90


Log de Certificados de Calidad de materiales de impermeabilización

COSAPI		PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL SAN JUAN DE LURIGANCHO"				sedapal		
INDICE DE DOSSIER DE CALIDAD								
ENTREGADO POR:		COSAPI S.A.			FECHA: 21/04/2022			
Item	Nombre del Documento	Código de Documento	No. de Documento	N° de páginas	Descripción	Observaciones		
6.0 CERTIFICADOS DE MATERIALES								
6.2 CERTIFICADOS DE MATERIALES DE IMPERMEABILIZACIÓN								
6.2.1	Certificado de Calidad	S/N	S/N	2	IMPRIMANTE EPOXICO VELOSIT PR 303	Fabricante: NETCORP MEDIA LTD S.A.C Lote: S/N Fecha: 03/06/2021		
6.2.2	Certificado de Calidad	S/N	S/N	2	IMPERMEABILIZANTE POR CRISTALIZACIÓN VELOSIT CW 111	Fabricante: NETCORP MEDIA LTD S.A.C Lote: S/N Fecha: 03/06/2021		
6.2.3	Certificado de Calidad	2550-2021	S/N	1	CHEMA BITUMEN - GALON	Fabricante: CHEMA MASTER DEL PERU S.A. Lote: 05075486, 05075948 Fecha: 07/07/2021		
6.2.4	Certificado de Calidad	S/N	S/N	1	IMPERMEABILIZANTE VELOSIT WP 101	Fabricante: NETCORP MEDIA LTD S.A.C Lote: S/N Fecha: 13/07/2021		
6.2.5	Certificado de Calidad	S/N	S/N	1	CINTA JOINT TAPE VELOSIT DB 930	Fabricante: NETCORP MEDIA LTD S.A.C Lote: S/N Fecha: 13/07/2021		
6.2.6	Certificado de Calidad	2524-2021	S/N	1	CHEMA BITUMEN - GALON	Fabricante: CHEMA MASTER DEL PERU S.A. Lote: 05075594, 05074115, 05075548 Fecha: 05/07/2021		
6.2.7	Certificado de Calidad	S/N	S/N	1	CINTA JOINT TAPE VELOSIT DB 930	Fabricante: NETCORP MEDIA LTD S.A.C Lote: S/N Fecha: 30/07/2021		
Total Documentos:			7					
Total Hojas:			9					
ELABORADO		COSAPI			REVISADO		APROBADO	
NOMBRE: JORGE REYES DÁVALOS		COSAPI S.A.			NOMBRE: YVETTE MARCOS MOQUILLAZA		NOMBRE: CLADIMIR FERNANDEZ LARRAÚ	
FIRMA: [Firma]		[Firma]			FIRMA: [Firma]		FIRMA: [Firma]	
FECHA: [Fecha]		[Fecha]			FECHA: [Fecha]		FECHA: [Fecha]	

- Aprobación del procedimiento para impermeabilización de estructuras de concreto, mediante Carta N°408.2021 (ver Figura N°91)

Figura N° 91

Carta de aprobación del procedimiento de impermeabilización

	HC & ASOCIADOS S.R.L. CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN Y DESARROLLO DE RECURSOS
Carta N° 408.2021 320.001. HC&A	Lima, 21.06.2021
Señores: COSAPI S.A. Av. República de Colombia 791, San Isidro	
Atención:	Ing. Vladimir Fernández L. Residente de Obra
Asunto:	Conformidad a Procedimiento para impermeabilización de estructuras de concreto
Referencia:	a) INFORME N°007-2021-RMM. b) Carta N°30970-CAR-C02-2021-348 del 18.06.2021, COSAPI solicita la aprobación de Procedimiento para impermeabilización de estructuras de concreto c) Carta N° 397.2021.320. 001.HC&A, de fecha 16.06.2021 d) Carta N° 355.2021.320. 001.HC&A, de fecha 27.05.2021 e) Supervisión de ejecución de obra con Póliza Multirriesgo (Orden de Servicio N° SRG-0145-2020) y con Póliza Responsabilidad Civil (Orden de Servicio N° SRG-0146-2020) del Proyecto: "Construcción de Solución Definitiva en la Estación Pirámide del Sol - San Juan de Lurigancho"

- Capacitación al personal de campo del procedimiento de impermeabilización: alcance, trabajos previos y dosificación (ver Figura N°92)

Figura N° 92

Capacitación al personal del procedimiento de impermeabilización



f.2) Impermeabilización interior por cristalización:

Se verifica el cumplimiento de la correcta aplicación del producto químico Velosit CW 111, que es un impermeabilizante por cristalización de alta resistencia de tecnología de última generación alemana y estado del arte que formará parte de la estructura de concreto, además que no requiere de curado y provee el autosellado de fisuras por contracción.

Todas las cámaras y buzones se impermeabilizarán interiormente hasta el primer cuerpo con este tipo de impermeabilizante.

f.2.1) Tratamiento previo de losa de fondo y muros

- Se lavan con chorro agua de alta presión (1450 psi como mínimo) y se deja ventilar por 30 minutos de tal forma que se pueda retirar todo material suelto mal adherido y descubrir las posibles cangrejeras e imperfecciones (ver Figura N°93)

Figura N° 93

Lavado a chorro de agua a presión previo al tratamiento



- Se ejecutan las reparaciones de las imperfecciones encontradas en el concreto con un mortero de reparación moldeable de alta resistencia llamado Salitrex MR100, el cual se cubre con un revestimiento cementicio elástico, impermeable y resistente a la abrasión denominado RCE 2K.
- Las juntas frías se pueden tratar por medio de picado de una ranura en forma de “U” de aproximadamente 5 cm de ancho a lo largo de la misma. Luego, rellene con mortero de reparación Salitrex MR100, luego se cubre con RCE 2K.

- Con la finalidad de suavizar los cambios de dirección entre la losa y muros, se forman las medias cañas con el salitrex MR100 y de igual forma se reviste con el RCE 2K (ver Figura N°94).

Figura N° 94

Formación de medias cañas y reparación de imperfecciones



f.2.2) Tratamiento previo de emboquillados

Se usó el Sistema Emboquillado Impermeable Seguro de 3 componentes (EIS 3K), para ello se ha empleado en todos los emboquillados de la obra y consta de:

- Cinta JointTape VELOSIT DB830 que junto con el pegamento SALITREX PE31, va adherida al sustrato de concreto y a la tubería HDPE (ver Figura N°95)

Figura N° 95

Colocación de Cinta Velosit DB830 con Salitrex PE 31 en junta concreto - HDPE



- Se aplica el recubrimiento cementicio elástico, impermeable y resistente a la abrasión: RCE 2K, tal como lo muestra la Figura N°96)

Figura N° 96

Colocación de Revestimiento cementicio impermeable RCE 2K

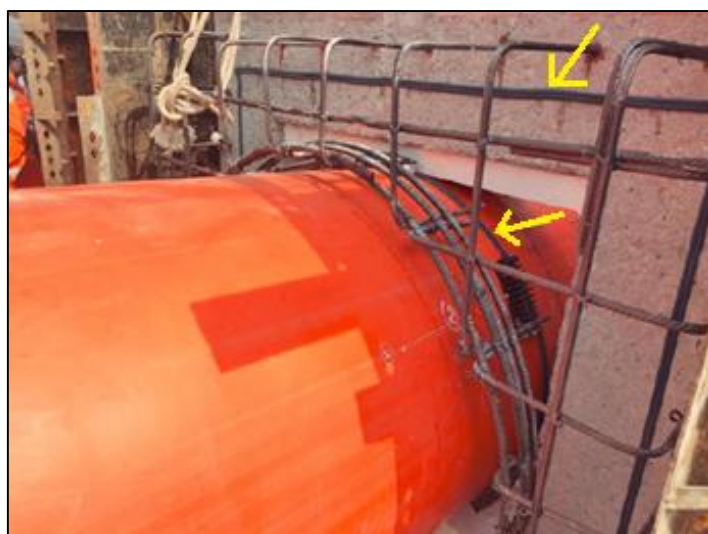


f.2.3) Tratamiento previo de dados de anclajes

- Posterior al escarificado de la sección del muro de concreto que tendrá contacto con el dado de anclaje, se coloca el water stop Velosit WS 801 de forma cuadrada según Figura N°97.
- Alrededor de la tubería de HDPE y en la proyección del dado de anclaje se coloca el water stop Velosit WS 801 según Figura N°97.

Figura N° 97

Perfil hidrofílico (waterstop) Velosit WS801 en el muro de concreto y alrededor de la tubería de HDPE



f.2.4) Aplicación del impermeabilizante por cristalización

- Se procede a desbastar la superficie para suavizar la textura de la superficie (ver Figura N°98)

Figura N° 98

Desbaste de losa y muros previo a la impermeabilización



- Se inicia con la humectación de la superficie a impermeabilizar (ver Figura N°99)

Figura N° 99

Humectación de superficies a impermeabilizar



- Se procede a colocar la primera mano del impermeabilizante Velosit CW 111 en la losa de fondo, media caña y muro del primer cuerpo con rodillo o escobilla con cerdas duras, cumpliendo la dosificación de 5.75 litros de agua por cada 1 bolsa de Velosit CW 111 de 25 kg, batido mecánicamente.

- Luego de 60 a 90 minutos a 23°C se aplica la segunda mano conservando la dosificación inicial (ver Figura N°100)

Figura N° 100

Impermeabilización por cristalización del primer cuerpo de cámaras y buzones



f.3) Impermeabilización interior con epóxico:

Se verifica el cumplimiento de la correcta aplicación del producto químico Velosit PR 303, que es un imprimante epóxico bicomponente que funciona como barrera de vapor de tecnología alemana para sustratos críticos con alto contenido de humedad o emisiones de vapor.

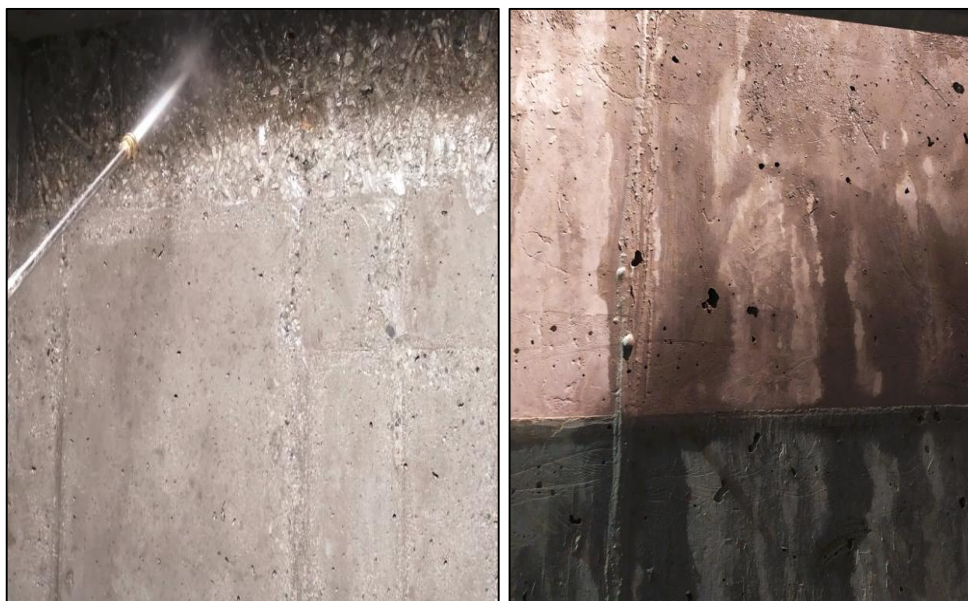
Todas las cámaras y buzones se impermeabilizarán interiormente desde el segundo cuerpo hasta el último con este tipo de impermeabilizante.

f.3.1) Tratamiento de superficie

- Se lava desde el segundo cuerpo de la cámara o buzón con chorro de agua a alta presión (3800 psi como mínimo) y se deja ventilar por 30 minutos de tal forma que se pueda retirar todo material suelto mal adherido y descubrir las posibles cangrejas e imperfecciones (ver Figura N°101)

Figura N° 101

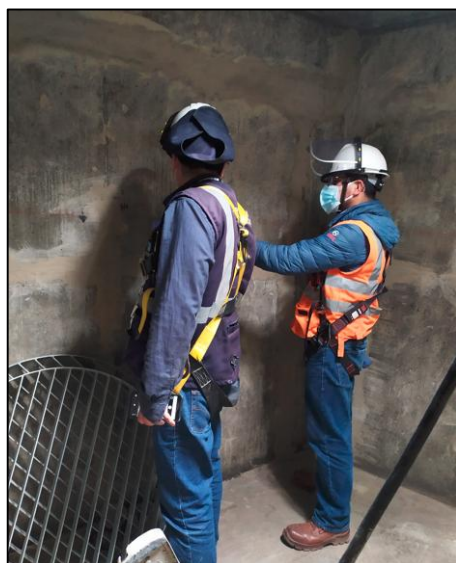
Lavado con chorro a presión desde el según cuerpo



- Se ejecutan las reparaciones de las imperfecciones encontradas en el concreto con un mortero de reparación moldeable de alta resistencia llamado Salitrex MR100, el cual se cubre con un revestimiento cementicio elástico, impermeable y resistente a la abrasión denominado RCE 2K, todo ello se libera con la Supervisión (ver Figura N°102)

Figura N° 102

Liberación de superficie de concreto previa impermeabilización



f.3.2) Aplicación del impermeabilizante epóxico

- Se procede a desbastar la superficie para suavizar su textura y retirar material suelto (ver Figura N°103)

Figura N° 103

Desbaste de muros y losas de techo previo a la impermeabilización



- Se procede a preparar la mezcla de velosit PR 303 con sus componentes A y B, en la proporción de 5 en 1 respectivamente. Para obtener una mezcla homogénea el batido deberá ser de forma mecánica y no manual. La dosificación de mezcla que será aplicado para la losa de techo tendrá que densificarse, para ello se debe adicionar entre 0.5 – 2% de un agente tixotrópico o espesante, para nuestro caso se agrega SikaFume (ver Figura N°104)

Figura N° 104

Batido de componentes A y B del Velosit PR 303 (epóxico)



- Se verifica la aplicación con rodillo o brocha de cerdas duras y de manera homogénea a dos manos, en un tiempo de transición de 30 a 35 minutos, manteniendo la dosificación inicial (ver Figura N°105)

Figura N° 105

Impermeabilización con epóxico bi componente



- Se verifica a las 24 horas post aplicación del impermeabilizante, para dar conformidad y liberar con la Supervisión (ver Figura N°106)

Figura N° 106

Liberación de Impermeabilización con epóxico bi componente



f.4) Impermeabilización exterior bituminosa

Se verifica el cumplimiento de la correcta aplicación del Chema Bitumen, que es un imprimante bituminoso que funciona como barrera de humedad y evita la humedad y corrosión del concreto desde la parte externa de las cámaras y buzones. Todas las cámaras y buzones se impermeabilizarán exteriormente con este producto.

f.4.1) Tratamiento de superficie

- Se aperturan y/o pican todas las porosidades e imperfecciones encontradas en la superficie exterior de las cámaras y buzones para luego proceder a repararlas con SikaRep 500 (ver Figura N°107)

Figura N° 107 *Reparación de porosidades en cuerpo prefabricado de buzón*



- Se desbasta la superficie reparada para retirar material mal adherido o suelto y también para suavizarla (ver Figura N°108)

Figura N° 108

Desbaste de la superficie exterior con esmeril



- Se inicia el proceso de limpieza de la superficie exterior para proceder a liberarla previo a la aplicación del impermeabilizante bituminoso (ver Figura N°109)

Figura N° 109

Liberación de superficies exteriores de cuerpo de buzón y cámara



f.4.2) Aplicación del impermeabilizante bituminoso

- Se inicia el proceso agitando el producto y se diluye con aguarrás a razón de 3 partes de Chema Bitumen con 1 parte de bencina o aguarrás. Aplicar la primera mano uniformemente en la superficie exterior de cámara o buzón con brocha y/o rodillo (ver Figura N°110).

Figura N° 110

Control de dilución de Chema Bitumen con aguarrás para primera mano



- Previo a aplicar la segunda mano, se libera la primera mano luego de 8 horas de secado o visualmente se puede comprobar si la superficie está lista tocándola con la mano y retirándola luego de 5 segundos, dando conformidad cuando la mano no esté manchada (ver Figura N°111).

Figura N° 111

Liberación de primera mano de impermeabilizante bitumen en superficie



- Para la aplicación de la segunda mano, se controla que el Chema Bitumen se coloque pura, es decir sin diluir. Luego se procede a liberar, revisando a detalle todos los cuerpos (ver Figura N°112)

Figura N° 112

Liberación de segunda mano impermeabilizante bitumen en cámara y buzón



6.4.4. Rellenos controlados

1) Planificación

Como parte del control de calidad del proceso de rellenos en el proyecto, es importante conocer los documentos de entrada y los procedimientos que se aplicarán en el proyecto.

a) Recepción de materiales: Se realiza la verificación del material de relleno (propio, préstamo, base granular) seleccionado con la Supervisión, de la cual se muestrea para ser llevado a laboratorio del proyecto (ver Figura N°113), y obtener los parámetros de material según las EE.TT alineadas a la NTP CE.010 “Pavimentos Urbanos”:

- ✓ Análisis granulométrico (Método de ensayo para el análisis granulométrico NTP 339.128)
- ✓ Límites de consistencia (Limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad de los suelos NTP 339.129)
- ✓ Equivalente de Arena (NTP 339.146)
- ✓ Abrasión Los Ángeles (NTP 400.019)
- ✓ Sales Solubles (NTP 339.152)
- ✓ Partículas Fracturadas (MTC E-210)
- ✓ Partículas Chatas y Alargadas (ASTM D-4791)
- ✓ Pérdida en Sulfato de Sodio/Magnesio (MTC E-209)
- ✓ CBR (NTP 339.145)
- ✓ Proctor Modificado (Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada – NTP 339.141)

Figura N° 113

Muestreo del material propio seleccionado en zona de acopio



En el proyecto se usan 6 tipos de relleno, según la estructura de conformación y el área a la cual será destinada el relleno (ver Tabla N° 25).

Tabla N° 25

Tipos de capas según rellenos y fin de colocación en el proyecto

Estructura de Pavimento	Tipo de relleno	Área
Sub rasante	Material propio p/relleno común	Cámaras, Tramo T-5
	Suelo cemento	Buzones
	Piedra Chancada < 1"	CDE-01
Mejoramiento	Material préstamo p/relleno común	Pavimento Flexible
Sub base	Base granular	
Base	Base Granular	

Para los materiales de las estructuras del pavimento en las áreas intervenidas del proyecto, se hace la verificación del cumplimiento de las frecuencias de ensayos tal como lo muestra la Tabla N°26.

Tabla N° 26

Número de ensayos según frecuencia por Tipo de Material en el proyecto


Ensayos	Tipo de Material					
	Base Granular		Material Préstamo		Material Propio	
	Cantidad (m3)		Cantidad (m3)		Cantidad (m3)	
	Frecuencia	#Ensayos	Frecuencia	#Ensayos	Frecuencia	#Ensayos
Granulometría (NTP 339.128:1998)	400	7.00	400	9.00	400	3.00
Límites de Consistencia (NTP 339.128:1998)	400	7.00	400	9.00	400	3.00
Equivalente de Arena (NTP 339.146:2000)	1000	3.00	NA		NA	
Abrasión Los Ángeles (NTP 400.019:2002)	1000	3.00	NA		NA	
Sales Solubles (NTP 339.152:2002)	1000	3.00	NA		NA	
Partículas Fracturadas (MTC E-210)	1000	3.00	NA		NA	
Partículas Chatas y Alargadas (ASTM D-4791)	1000	3.00	NA		NA	
Pérdida en Sulfato de Na/Mg (MTC E-209)	1000	3.00	NA		NA	
CBR (NTP 339.145:1999)	1000	3.00	NA		NA	
Proctor Modificado (NTP 339.141:1999)	400	7.00	400	9.00	400	3.00

b) Procedimiento de rellenos en cámaras y buzones

Previo a cualquier actividad el procedimiento de rellenos en el proyecto deberá ser aprobado por la Supervisión (ver Figura N°114)

Figura N° 114

Carta de aprobación del procedimiento de relleno y compactación

		HC & ASOCIADOS S.R.L. CONSULTORES EN PROYECTOS DE INVERSIÓN Y DESARROLLO DE RECURSOS
Carta N° 536.2021 320.001. HC&A		Lima, 14.08.2021
Señores: COSAPI S.A. Av. República de Colombia 791, San Isidro		
Atención:	Ing. Vladimir Fernández L. Residente de Obra	
Asunto:	Conformidad al procedimiento para conformación de rellenos en cámaras y buzones.	
Referencia:	a) INFORME N°007-2021-MPQS b) Carta N° 30970-CAR-C02-2021-440 de fecha 12.08.21, el Contratista envía la Solicitud de aprobación – Procedimiento para conformación de rellenos en cámara y buzones. c) Carta N° 493.2021.320.001.HC&A, con fecha 23.07.202, Supervisión da No Conformidad al diseño de mezcla suelo-cemento para el relleno en alrededor de los buzones BZP-01, BZP-02 y BZP-03. d) Carta N° 30970-CAR-C02-2021-412 de fecha 22.07.21, el Contratista envía la Solicitud de aprobación del Diseño de Mezcla Suelo – Cemento para relleno en alrededor de los buzones BZP-01, BZP-02 y BZP-03. a) Supervisión de ejecución de obra con Póliza Multirisgo (Orden de Servicio N° SRG-0145-2020) y con Póliza Responsabilidad Civil (Orden de Servicio N° SRG-0146-2020) del Proyecto: "Construcción de Solución Definitiva en la Estación Pirámide del Sol - San Juan de Lurigancho"	

b.1) Material Propio:

- El material propio acopiado en obra es procedente de las excavaciones en las cámaras y buzones del proyecto
- Se hará la eliminación previa de las partículas mayores a 3" (ver Figura N°115)

Figura N° 115

Zarandeo y selección de material no mayor a 3"



- El material propio seleccionado, se humedecerá o aireará hasta alcanzar la humedad apropiada de compactación y se bate hasta obtener una mezcla homogénea de humedad uniforme, para luego proceder con la colocación en las áreas liberadas (ver Figura N°116).

Figura N° 116

Verificación de humedad mediante ensayo de humedad con speedy



- Se conforma hasta el nivel establecido en planos, en capas de espesor compactado no mayor de 20 cm y compactado con vibroapisonadores comenzando por los bordes exteriores y avanzando hacia el centro, traslapando en cada recorrido, hasta alcanzar el grado de compactación requerido (ver Figura N°117)

Figura N° 117

Ensayo de compactación alrededor de cámara de derivación



b.2) Material de préstamo selecto

Material usado como relleno hasta la subrasante en el tramo T-5 y como relleno de mejoramiento en la Av. Próceres de la Independencia (principal y auxiliar)

Conformación hasta subrasante:

- Se realiza la conformación del nivel de fondo de subrasante según los niveles especificados en los planos.
- La conformación del nivel de fondo de subrasante se realiza con la utilización de vibroapisonadores o rodillo liso de 19 ton (ver Figura N°118)
- Se realiza la verificación topográfica del nivel de fondo de subrasante liberando los niveles del área para la colocación de las capas de mejoramiento de subrasante.

Figura N° 118

Conformación a nivel de subrasante en tramo T-5



Conformación de relleno de mejoramiento (e=0.40 m)

- El espesor de relleno de mejoramiento se estableció después de realizar el ensayo de penetración estándar SPT (ver Figura N°119).
- El material se coloca y extiende en capas de espesor adecuado, siguiendo el diseño según planos del proyecto hasta alcanzar el espesor deseado e=0.40m.
- La compactación se realiza por capas, con pasadas paralelas a su eje, en un número adecuado para asegurar la densidad de campo de control. Se utiliza para la colocación, extendido y compactación de material de relleno (mejoramiento de subrasante) los equipos de motoniveladora y rodillo liso de

19ton.

- Se realiza la verificación topográfica de la capa trabajada liberando los niveles del área para la colocación de la siguiente capa de mejoramiento de subrasante o capa de base granular.

Figura N° 119

Ensayo de penetración Estándar (SPT) paramejoramiento



b.3) Material de Base Granular

- Todo el material de base se coloca y extiende para que una vez compactado, alcance el espesor indicado en los planos (0.20m). Se utiliza para la colocación, extendido y compactación de la base granular los equipos de motoniveladora y rodillo liso de 19ton.
- La compactación se empieza de los bordes hacia el centro, con pasadas paralelas a su eje, en un número para asegurar la densidad de campo de control. Cualquier irregularidad o depresión que se presente después de la compactación deberá ser corregida removiendo el material en esos lugares y añadiendo o retirando material hasta que la superficie sea llana y uniforme (ver Figura N°120).
- Se verifica visualmente la cantidad de ciclos necesarios para llegar al grado de compactación.
- Se realizará una verificación topográfica de la capa de base granular liberando los niveles del área para la colocación de la carpeta asfáltica.

Figura N° 120

Base granular conformada y compactada en vía principal



b.4) Cama de Arena:

- Se verifica los niveles de inicio antes de colocar la arena como cama de apoyo de tuberías existentes e instaladas en el proyecto.
- Se coloca la cama de arena en capas no mayor de 30 cm hasta alcanzar la cota final indicada en los planos, esto se verifica topográficamente.
- Se compacta con vibroapisonadores y apisonadores manuales según el espacio que se cuente para su manipulación (ver Figura N°121).

Figura N° 121

Verificación de niveles y compactación de cama de arena en Tramo T-5



b.5) Suelo Cemento:

- Se prepara el relleno en campo de acuerdo al diseño de mezcla aprobado por la Supervisión (ver Figura N°122).

Figura N° 122

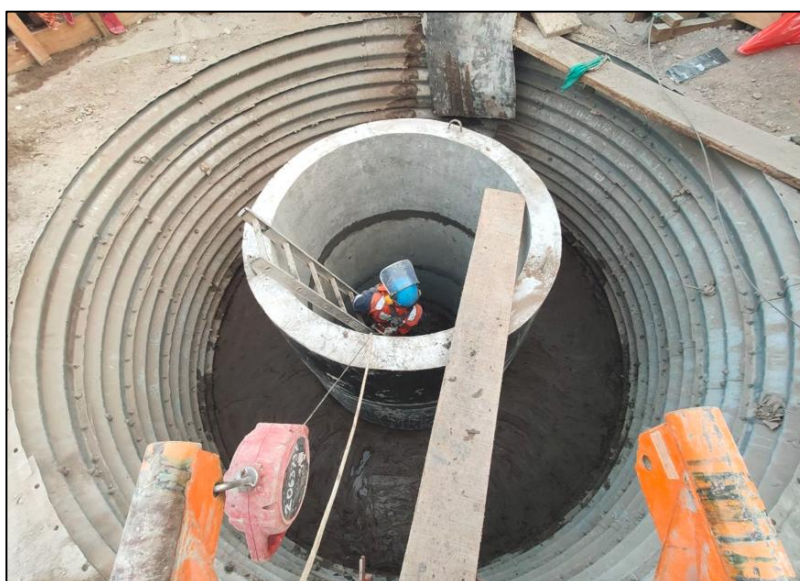
Verificación y capacitación de la dosificación suelo cemento al personal



- El relleno conformado se realizará en capas hasta alcanzar las cotas exigidas de acuerdo a lo indicado en los planos o lo ordenado por la supervisión (ver Figura N°123).

Figura N° 123

Relleno con suelo cemento alrededor de buzón proyectado



2) Liberación de relleno y compactación

- Se dará conformidad a los trabajos relleno y compactación cuando se cumpla el procedimiento aprobado por la Supervisión, los niveles alcanzados de relleno y el grado de compactación de todas las capas de relleno (ver Figura N°124).

Figura N° 124

Verificación topográfica de niveles alcanzados de base granular



- Para rellenos comunes y de mejoramiento hasta nivel de subrasante:
 - El Grado de Compactación será no menor al 95% de la máxima densidad seca del Próctor Modificado ASTM D 698
 - La obtención del grado de compactación será por el Método de Cono de Arena ASTM D 1556 (ver Figura N°125)

Figura N° 125

Método de cono de arena para rellenos hasta nivel de subrasante



- Para sub base y bases granulares:
 - El Grado de Compactación será no menor al 100% de la máxima densidad seca del Próctor Modificado ASTM D 698
 - La obtención del grado de compactación será por el Método de Densímetro Nuclear ASTM D 2922 (ver Figura N°126).

Figura N° 126

Método de Densímetro Nuclear en base granular



6.4.5. Reposición pavimentos

1) Planificación

Previo al inicio del proceso de reposición de la carpeta asfáltica, es importante tener los protocolos de la base granular liberados por la Supervisión. Además, se revisa los planos de diseño de pavimentos aprobados por la Supervisión, así como la documentación enviada por el proveedor de asfalto SEOING E.I.R.L.


- a) Diseño de mezcla asfáltica: Se revisa la documentación del diseño de mezcla asfáltica entregada por el proveedor SEOING E.I.R.L., la cual comprenden el certificado de calidad del cemento asfáltico y ensayos de los agregados:

a.1) Certificado de Calidad:

Comprende el reporte de análisis de cemento asfáltico 60/70, líquido que cumple con las especificaciones ASTM D946 y NTP 321.051 (ver Figura N°127).

Figura N° 127

Reporte de Análisis de cemento asfáltico 60/70 (REPSOL)

		REPORTE DE ANÁLISIS DE CEMENTO ASFÁLTICO 60/70		LOTE No. 60/70-002-10-2021	
REFINERÍA LA PAMPILLA S.A.A Carretera a Ventanilla km 25 S/N Ventanilla		RECEPCIÓN DE LA MUESTRA 16/10/2021 10:21:03		FECHA DE CERTIFICACIÓN 17/10/2021 02:55:32	
PRODUCTO Cemento Asfáltico 60/70		TANQUE 333A		DESTINO DE PRODUCTO Operaciones de Despacho	
PROCEDECENCIA Almacenamiento		VOLUMEN CERTIFICADO, m³ 1902		BUQUE TANQUE	
PROPIEDADES		METODO		RESULTADO	
		ASTM / OTROS			
PENETRACIÓN					
Penetración a 25 °C, 100 g, 5 s, 1/10 mm		D 5 / AASHTO T 49		65	
DUCTILIDAD					
Ductilidad a 25 °C, 5 cm/min, cm		D 113 / AASHTO T 51		> 150	
VOLATILIDAD					
Gravedad Especifica a 15.6 °C/15.6°C		D 70 / AASHTO T 228		1.0166	
Punto de Inflamación, °C		D 92 / AASHTO T 48		297.0	
Gravedad API, °API		D 70 / AASHTO T 228		7.7	
FLUIDEZ					
Punto de Ablandamiento, °C		D 36		51.0	
Viscosidad cinemática a 100°C, cSt		D 445		4633	
Viscosidad cinemática a 135°C, cSt		D 2170 / AASHTO T 201		464	
ENSAYOS DE PELÍCULA FINA					
Pérdida por Calentamiento, % m		D 1754 / AASHTO T 179		0.08	
Penetración retenida, 100g, 5s, 1/10 mm, % del original		D 5 / AASHTO T 49		67.7	
Ductilidad del residuo a 25°C, 5 cm/min, cm		D 113 / AASHTO T 51		68.5	
SOLUBILIDAD					
Solubilidad en tricloroetileno, % m		D 2042 / AASHTO T 44		99.98	
OTROS					
Índice de Penetración		UNE-EN 12591		-0.3	
Ensayo de la Mancha (Natta-Xileno)		AASHTO T102		20% xileno, negativo	

a.2) Ensayo General:

Según la norma ASTM D 3515 se define el análisis granulométrico por tamizado de los agregados, además el material de la mezcla de agregados debe estar libre de terrones de arcilla (ver Figuras N°128 y N°129).

Figura N° 128

Análisis Granulométrico de mezcla asfáltica D-5 según ASTM D 3515

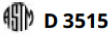
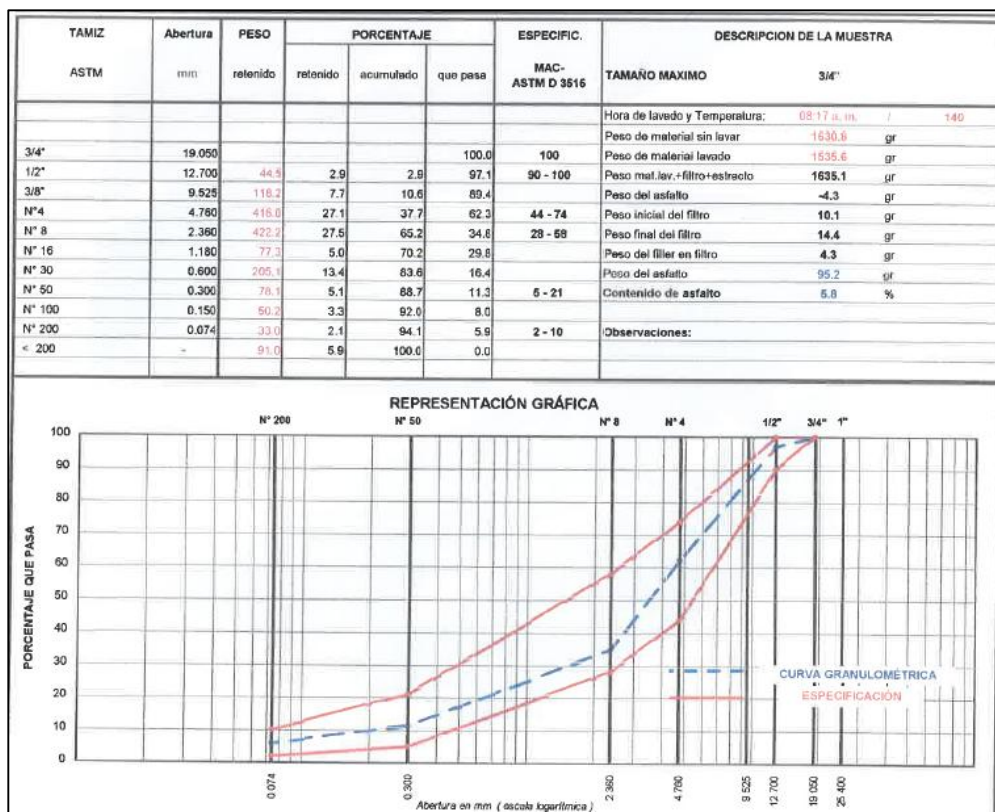
									
TABLA 1 Composición de las mezclas bituminosas para pavimentación									
Mezclas densas									
Tamaño del tamiz	Designación de mezcla								
	D-1	D-2	D-3	D-4	D-5	D-6	D-7	D-8	D-9
	50mm (2 pulg.)	37,5 mm (1½ en.)	25,0 mm (1 en.)	19,0 mm (¾ en.)	12,5 mm (½ en.)	9,5 mm (¾ en.)	4,75 mm (No. 4) (Arena Asfalto)	2,36mm (Nº 8)	1,18 mm (Nº 16) (Lámina de asfalto)
Clasificación del agregado total (grueso más fino, más relleno si se requiere) Cantidades más finas que cada tamiz de laboratorio (apertura cuadrada), % en peso									
63 mm (2½ pulg.)	100	...	...	...	...	...	...	...	...
50 mm (2 pulg.)	90 a 100	100	...	...	...	...	...	...	...
37,5 mm (1½ en.)	...	90 a 100	100	...	...	...	...	...	...
25,0 mm (1 pulg.)	60 a 80	...	90 a 100	100	...	...	...	...	...
19,0 mm (¾ en.)	...	56 a 80	...	90 a 100	100	...	...	...	...
12,5 mm (½ en.)	35 a 65	...	56 a 80	...	90 a 100	100	...	...	...
9,5 mm (¾ en.)	...	...	...	56 a 80	...	90 a 100	100	...	...
4,75 mm (Nº 4)	17 a 47	23 a 53	29 a 59	35 a 65	44 a 74	55 a 85	80 a 100	...	100
2,36 mm (Nº 8)	10 a 36	15 a 41	19 a 45	23 a 49	28 a 58	32 a 67	65 a 100	...	95 a 100
1,18 mm (Nº 16)	...	...	...	...	...	...	40 a 80	...	85 a 100
600 µm (Nº 30)	...	...	...	...	...	...	25 a 65	...	70 a 95
300 µm (Nº 50)	3 a 15	4 a 16	5 a 17	5 a 19	5 a 21	7 a 23	7 a 40	...	45 a 75
150 µm (Nº 100)	...	...	...	...	...	...	3 a 20	...	20 a 40
75 µm (Nº 200)	0 a 5	0 a 6	1 a 7	2 a 8	2 a 10	2 a 10	2 a 10	...	9 a 20

Figura N° 129

Conformidad de Granulometría dentro de huso D-5 según ASTM D-3515



a.3) Ensayos específicos:

Según la norma CE.010 de Pavimentos Urbanos se definen los requerimientos mínimos establecidos para los ensayos a los agregados finos y gruesos usados para la mezcla asfáltica en caliente, y se muestran en la Tabla N°27 y Tabla N°28 respectivamente.

Tabla N° 27

Requerimientos para los Agregados Finos de Mezclas Asfálticas en Caliente según Norma CE.010 Pavimentos Urbanos

Ensayos	Norma	Requerimiento	
		Altitud (msnm)	
		< 3000	> 3000
Análisis Granulométrico	ASTM D 3515	Mezcla densa tipo D-5	
Equivalente de Arena	NTP 339.146	45 mínimo (vías locales, colectoras) 50 mínimo (vías arteriales, expresas)	
Angularidad del agregado fino	MTC E-222	30 mínimo (vías locales, colectoras) 40 mínimo (vías arteriales, expresas)	
Adhesividad Riedel Weber	MTC E-220	4% mínimo	6% mínimo

Índice de durabilidad	MTC E-214	35 mínimo	
Índice de plasticidad	MTC E-111	máximo 4	NP
Sales Solubles Totales	NTP 339.152	0.5% máximo	
Ensayo de Absorción	MTC E-205	0.50%	según diseño

En las Figuras N°130 y N°131 se muestran la conformidad de los ensayos realizados al agregado fino y grueso respectivamente, aptos para la producción de asfalto.

Figura N° 130

Conformidad de resultados de ensayos a agregado fino para mezcla asfáltica

001804

SEOING
EL MEJOR ASFALTO

**RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO
CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO FINO**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA
OBRA: ESTACIÓN PIRAMIDE DEL SOL - SAN JUAN DE
LURIGANCHO
CLIENTE: COSAPI SA

Tabla 423-02. Requerimientos para los agregados finos

AGREGADO FINO Arena Chancada para asfalto

ENSAYOS	NORMA	RESULTADO	Requerimiento Altitud (msnm)		CONDICIÓN
			≤3.000	>3.000	
Equivalente de Arena	MTC E 114	71.0	60	70	Cumple
Angularidad del agregado fino	MTC E 222	44.2	30	40	Cumple
Adhesividad (Riedel Weber)	MTC E 220	6.00	4 % mín.	4% mín.	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N.º 40)	MTC E 111	N.P.	NP	NP	Cumple
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	5.82	-	18% máx.	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	60.0	35 mín.	35 mín.	Cumple
Índice de Plasticidad (malla N.º 200)	MTC E 111	N.P.	4 máx.	NP	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.0995	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple
Absorción*	MTC E 205	0.46	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple

Tabla N° 28

Requerimientos para los Agregados Gruesos de Mezclas Asfálticas en Caliente según Norma CE.010 Pavimentos Urbanos

Ensayos	Norma	Requerimiento Altitud (msnm)	
		< 3000	> 3000
Pérdida en Sulfato de Sodio	NTP 400.016	12% máximo	10% máximo
Pérdida en Sulfato de Magnesio	NTP 400.016	18% máximo	15% máximo
Abrasión Los Ángeles	NTP 400.019	40% máximo	35% máximo
Índice de durabilidad	MTC E-214	35% mínimo	

Partículas chatas y alargadas	ASTM D 4791	15% máximo
Partículas fracturadas	MTC E-210	vías locales, colectoras: espesor de capa <100 mm (65/40) // >100 mm (50/30) vías arteriales, expresas: : espesor de capa <100 mm (85/50) // >100 mm (60/40)
Sales Solubles Totales	NTP 339.152	0.5% máximo
Ensayo de Absorción	NTP 400.021	1.00%
Adherencia	MTC E-519	según diseño + 95

Figura N° 131

Conformidad de resultados de ensayos a agregado grueso para mezcla asfáltica

001816

RESULTADOS DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO CONTROL DE CALIDAD DEL AGREGADO GRUESO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

OBRA: CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRAMIDE DEL SOL - SAN JUAN DE LURIGANCHO

CLIENTE: COSAPI SA

Tabla 423-01. Requerimientos para los agregados gruesos

AGREGADO GRUESO Grava < 3/4" - 1/2"

ENSAYOS	NORMA	RESULTADO	Requerimiento Altitud (msnm)		CONDICIÓN
			≤3.000	>3.000	
Durabilidad (al Sulfato de Magnesio)	MTC E 209	5.52	18% máx.	15% máx.	Cumple
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	19.8	40% máx.	35% máx.	Cumple
Adherencia	MTC E 517	+ 95%	95	95	Cumple
Índice de Durabilidad	MTC E 214	78.0	35% mín.	35% mín.	Cumple
Partículas chatas y alargadas	ASTM 4791	5.3	10% máx.	10% máx.	Cumple
Caras fracturadas	MTC E 210	94.8 / 88.3	85/50	90/70	Cumple
Sales Solubles Totales	MTC E 219	0.0508	0,5% máx.	0,5% máx.	Cumple
Absorción *	MTC E 206	0.86	1,0% máx.	1,0% máx.	Cumple

b) Recepción de materiales:

- Para la recepción del asfalto líquido MC 30, usado en el proyecto como imprimante en base de pavimento, se solicita la entrega del certificado de calidad vigente emitido por la refinería La Pampilla – Repsol bajo las normas ASTM D2027 / NTP 321.027.

Figura N° 132

Reporte de Análisis de asfalto líquido MC 30 emitido por Refinería La Pampilla – REPSOL.

REPSOL		REPORTE DE ANÁLISIS DE ASFALTO LÍQUIDO MC30		LOTE No. MC 30-003-05-2021
REFINERÍA LA PAMPILLA S.A.A. Carretera a Ventanilla km 25 S/N Ventanilla		RECEPCIÓN DE LA MUESTRA 29/05/2021 06:38:40		FECHA DE CERTIFICACIÓN 27/05/2021 05:58:43
PRODUCTO Asfalto líquido MC30		TANQUE 334B		DESTINO DE PRODUCTO Operaciones de Despacho
PROCEDENCIA Almacenamiento		VOLUMEN CERTIFICADO, m ³ 885		BUQUE TANQUE
PROPIEDADES	MÉTODO		RESULTADO	
	ASTM / OTROS			
VOLATILIDAD				
Gravedad Específica a 15.6 °C/15.9°C	D 3142 / AASHTO T 295		0.9202	
Destilación	D 402 / AASHTO T 78			
Recuperado hasta 225 °C, % V			0.0	
Recuperado hasta 260 °C, % V			55.2	
Recuperado hasta 316 °C, % V			87.4	
Residuo dest. hasta 380 °C, % V			56.5	
Punto de Inflamación, °C	D 3143 / AASHTO T 79		81.0	
FLUIDEZ				
Viscosidad cinemática a 60°C, cSt	D 2176 / AASHTO T 201		38.0	
PRUEBAS AL RESIDUO DE LA DESTILACIÓN				
Penetración a 25°C, 100g, 5s, 0.1 mm	D 5 / AASHTO T 48		146	
Ductilidad a 25°C, 5 cm/min, cm	D 113 / AASHTO T 51		132.3	
Solubilidad en tridoroetano, % m	D 2042 / AASHTO T 44		99.97	
CONTAMINANTES				
Agua por Destilación, % Vol	D 95 / AASHTO T 55		0.10	
OTROS				
Ensayo de la Mancha (Nafte-Xileno)	AASHTO T102		20% xileno, negativo	

- Para la recepción de la mezcla asfáltica se realiza el control de calidad a la producción del asfalto en planta del proveedor SEOING E.I.R.L., esto en conjunto con la Supervisión. En caso de no cumplirse con los ensayos que se muestran en la Tabla N°29, el asfalto se rechaza desde planta. La Planta de SEOING E.I.R.L. maneja un sistema automatizado, donde las producciones de asfalto del día son replicadas o en su defecto varían ligeramente con las pruebas realizadas para el diseño de mezcla que se requiere.

Tabla N° 29

Requerimientos de ensayos de mezcla asfáltica durante la ejecución según Norma CE 0.10 Pavimentos Urbanos

Ensayos	Norma	Frecuencia	Lugar
Contenido de Asfalto	MTC E-502	1 por día	Planta o Pavimento
Granulometría	NTP 339.128	1 por día	Planta o Pavimento
Ensayo Marshall	MTC E-504	1 por día	Planta o Pavimento
Temperatura	-	Cada volquete	Planta o Pavimento

Controles en Planta de Asfalto

- Se realiza el muestreo de los agregados que transporta la faja para ser analizados en el laboratorio de suelos al instante previo a la producción de asfalto (ver Figura N°133)

Figura N° 133

Control de agregados en faja transportadora de Planta SEOING



- Se realiza el control de temperatura de 140°C previo a la producción de asfalto (ver Figura N°134)

Figura N° 134

Control de cemento asfáltico en tanque de planta SEOING



Figura N° 135

Muestreo de asfalto para ensayos y control de temperatura en Planta SEOING



- Se realiza el muestreo de asfalto en el volquete para los ensayos Marshall y contenido de cemento asfáltico (ver Figura N°135)
- Se realiza el lavado asfáltico con el equipo centrífugo de tal forma que se diluye todo el cemento asfáltico para obtener el contenido de este, por diferencia de pesos (ver Figura N°136).

Figura N° 136

Lavado asfáltico para obtención del contenido de cemento



- Se forman las briquetas mediante 75 golpes por cara a una temperatura no menor de 110°C y luego de mantener a una temperatura de 60°C en el baño María por 30

minutos se ensayan con la Prensa Marshall para obtener el flujo y estabilidad del asfalto (ver Figura N°137).

Figura N° 137

Obtención de estabilidad y flujo con Ensayo Marshall



- Una muestra de asfalto se coloca en el picnómetro con agua a tope para calcular la masa saturada. Luego se procede a calcular el porcentaje de vacíos mediante el vibrado con el equipo RICE. De esta forma calculamos la densidad máxima teórica, ideal con cero vacíos (ver Figura N°138).

Figura N° 138

Obtención de densidad máxima teórica con Ensayo RICE



2) Imprimación Asfáltica

- Requisitos del Clima: La capa de imprimación debe ser aplicada solamente cuando la temperatura atmosférica está por encima de los 10°C.

- Preparación de la Superficie: Antes de la aplicación de la capa de imprimación, todo material suelto o extraño deber ser retirado por medio de una barredora mecánica, compresora de aire y/o manualmente (ver Figura N°139).

Figura N° 139

Limpieza de base con compresora de aire en tramo T-5



- Aplicación de la Capa de Imprimación
El material se aplica uniformemente a una temperatura de 70°C (ver Figura N°140), mayor al mínimo requerido según Tabla N°30, y a una velocidad especificada por la Supervisión de tal forma que la tasa de imprimación resulte entre 0,8 a 1,6 lts/m², dependiendo de cómo se halle la textura superficial de la base.

Tabla N° 30

Rangos de temperatura según tipo y grado del asfalto

Tipo y Grado del Asfalto	Rangos de Temperatura	
	Tratamiento Superficiales	En Mezclas Densas Asfálticas (1)
Asfaltos Diluídos:		
MC-30	30-(2)	-
RC-70 o MC-70	50-(2)	-
RC-250 o MC-250	75-(2)	60-80(3)
RC-800 o MC-800	95-(2)	75-100(3)
Emulsiones Asfálticas		
CRS-1	50-85	-
CRS-2	60-85	-
CMS-2	40-70	50-60
CMS-2h; CSS-1; CSS-1h	20-70	20-70
Cemento Asfáltico		
Todos los grados	140 máx (4)	140 máx (4)

Notas. (1) Temperatura de mezcla inmediatamente después de preparada (2) Máxima temperatura en la que no ocurre vapores o espuma. (3) Temperatura en la que puede

ocurrir inflamación. (4) Se podrá elevar esta temperatura de acuerdo con las cartas temperatura-viscosidad del fabricante

Figura N° 140

Control de temperatura de cisterna con asfalto líquido MC-30



- Control de calidad de la Imprimación

Tasa de imprimación: Se cumple con las especificaciones técnicas del proyecto con una tasa de imprimación entre 0,8 a 1,6 lts/m². Se procede a colocar 03 bandejas de imprimación distribuidas equidistantes y en forma diagonal en el tramo a imprimir (ver Figura N°141).

Inmediatamente después de pasar el distribuidor de imprimante por las bandejas, estas deben ser retiradas y pesadas para calcular el peso y volumen por área de bandeja para obtener la tasa de imprimación real (ver Figura N°142).

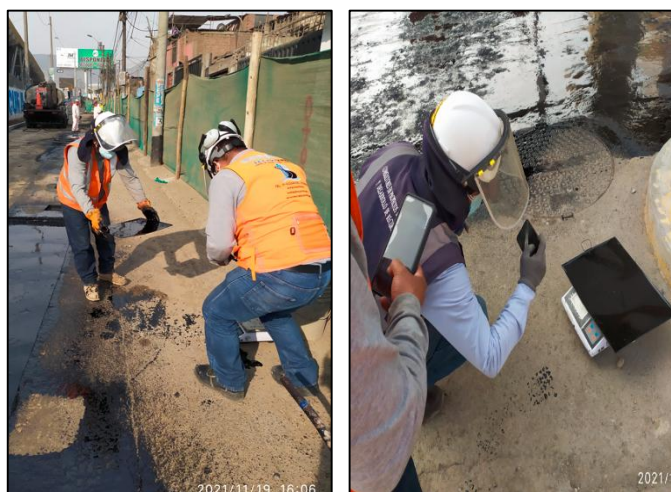
Figura N° 141

Colocación de bandejas para imprimación en el tramo T-5



Figura N° 142

Pesaje y cálculo de tasa de imprimación en tramo T-5



Penetración de imprimación: Pasada las 24 horas de la imprimación asfáltica, según las especificaciones técnicas del proyecto la penetración del imprimante es mayor o igual a 5mm (ver Figura N°143).

Figura N° 143

Medición de penetración de imprimante asfáltico en base T-5



3) Colocación de carpeta asfáltica ($e=0.05\text{m}$; $e=0.10\text{m}$)

- Limitaciones Climáticas. Las mezclas se colocarán únicamente cuando la base a asfaltar se encuentre seca, la temperatura atmosférica a la sombra sea superior a 10°C .

- Carga y transporte. Cada volquete de carga se cubrirá con lonas u otro material adecuado, de tamaño suficiente para proteger la mezcla contra las inclemencias del tiempo. Cuando así fuera necesario para lograr que los camiones entreguen la mezcla con la temperatura especificada (ver Figura N°144), las tolvas de los camiones serán aislados para poder obtener temperaturas de trabajo de las mezclas y todas sus tapas deberán asegurarse firmemente.

Figura N° 144

Volquete y control de temperatura de asfalto en planta



- Colocación de Asfalto. El equipo para la distribución y terminación se compondrá de pavimentadoras, capaces de distribuir y terminar la mezcla de acuerdo con los alineamientos pendientes y perfil tipo de obra exigida (ver Figura N°145).

Figura N° 145

Esparcidora vertiendo la mezcla y personal rastrillando y emparejando



- Compactación de asfalto. El trabajo inicial de compactación, será efectuado con un rodillo en tándem que trabaje siguiendo al distribuidor de material y cuyo peso será tal que no produzca hundimiento o desplazamiento de la mezcla.
Inmediatamente después del cilindrado inicial, la mezcla será compactada íntegramente mediante el uso de un rodillo neumático (ver Figura N°146).

Figura N° 146

Rodillo tándem y neumático compactando en el tramo T-5



La compactación comenzará por los costados y progresarán gradualmente hacia el centro. Dicho proceso se realiza cubriendo uniformemente cada huella anterior de la pasada del rodillo, hasta que toda la superficie haya quedado compactada.

La mejor temperatura para iniciar la compactación es la máxima temperatura en que la mezcla soporta el rodillo sin originar excesivos movimientos horizontales, esta temperatura se define en Obra entre 100°C y 110°C (ver Figura N°147). El proceso de compactación debe culminar antes que la temperatura de la mezcla asfáltica sea menor de 85° C.

Para evitar la adhesión de la mezcla a las ruedas del rodillo, estas serán mantenidas húmedas. No deberá permitirse el uso de solventes de ningún tipo para recubrir las rolas o neumáticos de los rodillos.

Figura N° 147

Temperatura de la mezcla de asfalto compactada



La compactación proseguirá mientras la mezcla está en condiciones adecuadas de trabajabilidad y hasta que se hayan eliminado todas las huellas de la máquina de compactación. La superficie de la mezcla después de compactada será lisa y deberá concordar con el perfil tipo de obra y las pendientes, dentro de las tolerancias especificadas.

- Conformidad de reposición de carpeta asfáltica

Para dar conformidad a la carpeta asfáltica se realizan las verificaciones topográficas con estación total calibrada, y pruebas de compactación con el densímetro nuclear calibrado (ver Figura N°148), de tal forma que se cumplan las siguientes consideraciones:

- ✓ Determinar la densidad por lo menos una (01) por cada 250 m² de cada capa, y la aprobación de todo el tramo con un mínimo de 06 determinaciones de la densidad.
- ✓ La densidad media del tramo (Dm) debe ser, cuando menos, el noventa y ocho por ciento (98 %) de la media obtenida al compactar en el laboratorio con la técnica Marshall.
- ✓ Además, la densidad de cada testigo individual (Di) deberá ser mayor o igual al noventa y siete por ciento (97 %) de la densidad media de los testigos del tramo (Dm).

Figura N° 149

Histograma de resistencias diseño f'c 280 a edad de 7 días

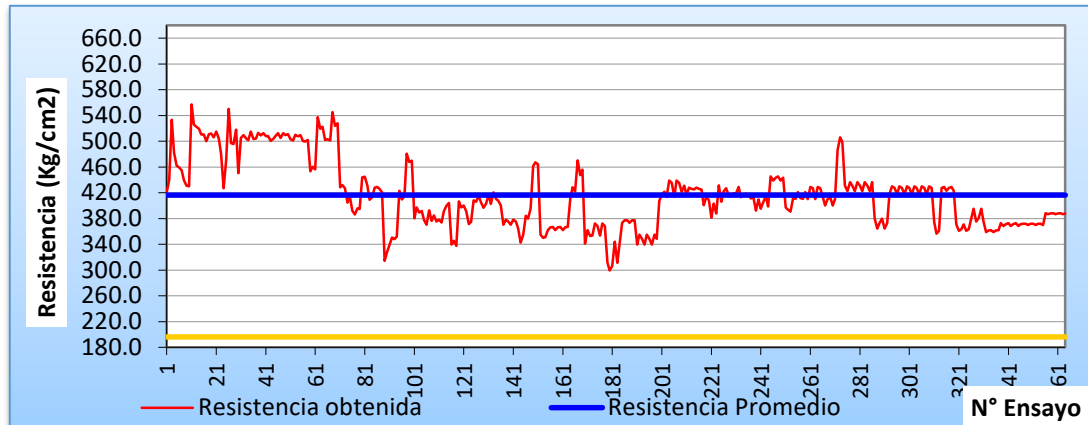


Tabla N° 31

Resumen estadístico de resistencias f'c 280 a edad de 7 días

	Número de Ensayos (n)	364
Resistencia Especificada (kg/cm2)		280.0
Resistencia Promedio (kg/cm2)		416.4
Resistencia Mínima obtenida (kg/cm2)		299.4
Resistencia Máxima obtenida (kg/cm2)		557.1
Resistencia Requerida a 7 días (70%especificada) (kg/cm2)		196.0

A la edad de 28 días, se obtuvo resistencias por encima del 200% de la resistencia requerida tal y como lo muestran la Figura N°150 y Tabla N°32.

Figura N° 150

Histograma de resistencias diseño f'c 280 a edad de 28 días

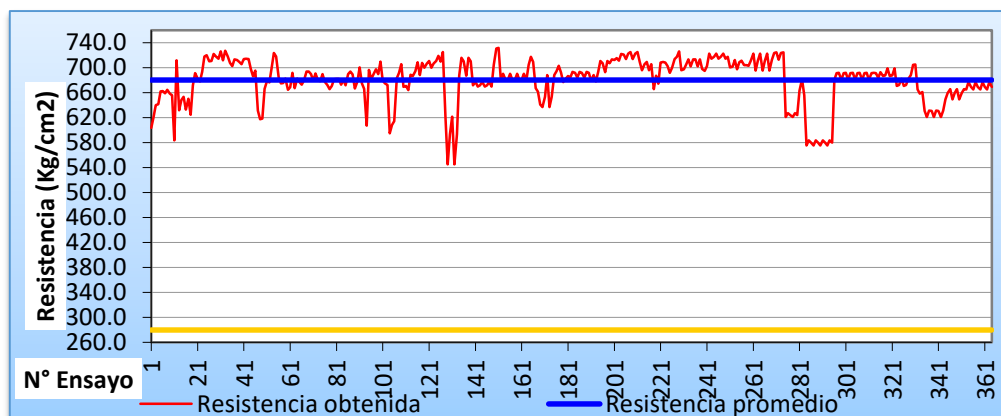


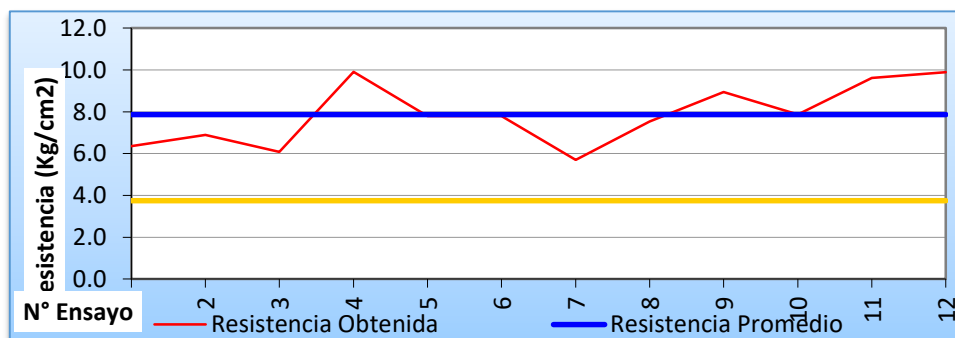
Tabla N° 32Resumen estadístico de resistencias $f'c$ 280 a edad de 28 días

Número de Ensayos (n)	364
Resistencia Especificada (kg/cm ²)	280.0
Resistencia Promedio (kg/cm ²)	680.2
Resistencia Mínima obtenida (kg/cm ²)	545.0
Resistencia Máxima obtenida (kg/cm ²)	732.0

b) Resistencias a la compresión de suelo cemento $f'c$ 5 kg/cm² a los 7 días y 28 días

El diseño de suelo cemento $f'c$ 5kg/cm² preparado in situ fue usado como relleno alrededor de los buzones proyectados hasta nivel de subrasante.

Según las especificaciones técnicas del proyecto el relleno fluido es un material autocompactante de baja resistencia, por lo que según diseño a la edad de 7 días el concreto debe alcanzar una resistencia a la compresión de por lo menos el 70% de la resistencia requerida, es decir 3.75 kg/cm²; sin embargo, en el proyecto a la edad de 7 días se obtuvo resistencias que superan el 100% de la resistencia requerida (ver Figura N°151 y Tabla N°33).

Figura N° 151Histograma de resistencias suelo cemento $f'c$ 5 kg/cm² a edad de 7 días**Tabla N° 33**

Resumen estadístico de resistencias suelo cemento a edad de 7 días

Número de Ensayos (n)	12
Resistencia Especificada (kg/cm ²)	5.0
Resistencia Promedio (kg/cm ²)	7.9
Resistencia Mínima obtenida (kg/cm ²)	5.7
Resistencia Máxima obtenida (kg/cm ²)	9.9
Resistencia Requerida a 7 días (70% especificada) (kg/cm ²)	3.75

A la edad de 28 días, se obtuvo resistencias por encima del 200% de la resistencia requerida tal y como lo muestran la Figura N°152 y Tabla N°34.

Figura N° 152

Histograma de resistencias suelo cemento f'c 5 kg/cm2 a edad de 28 días

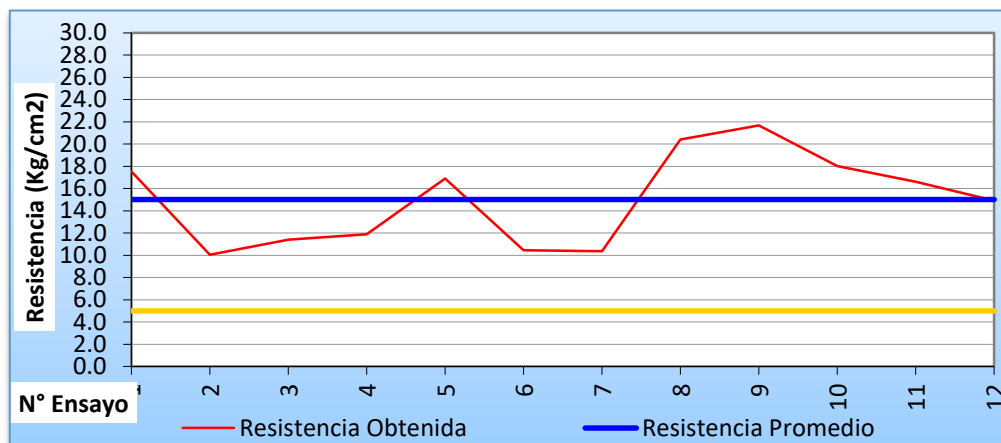


Tabla N° 34

Resumen estadístico de resistencias suelo cemento a edad de 28 días

Número de Ensayos (n)	12
Resistencia Especificada (kg/cm2)	5.0
Resistencia Promedio (kg/cm2)	15.0
Resistencia Mínima obtenida (kg/cm2)	10.0
Resistencia Máxima obtenida (kg/cm2)	21.7

6.5.2. Resistencia a la Compresión de especímenes cúbicos de mortero

a) Resistencias a la compresión de mortero f'c 175 kg/cm2 a los 07 días y 28 días

El diseño de mortero fluido f'c 175kg/cm2 preparado in situ fue usado como relleno entre terreno y planchas de acero corrugado para las pozas verticales y el túnel liner. Según las especificaciones técnicas del proyecto a la edad de 7 días el mortero fluido debe alcanzar una resistencia a la compresión de por lo menos el 70% de la resistencia requerida, es decir 122.5 kg/cm2; sin embargo, en el proyecto a la edad de 7 días se obtuvo resistencias que superan el 100% de la resistencia requerida (ver Figura N°153 y Tabla N°35).

Figura N° 153

Histograma de resistencias mortero f'c 175 kg/cm2 a edad de 7 días

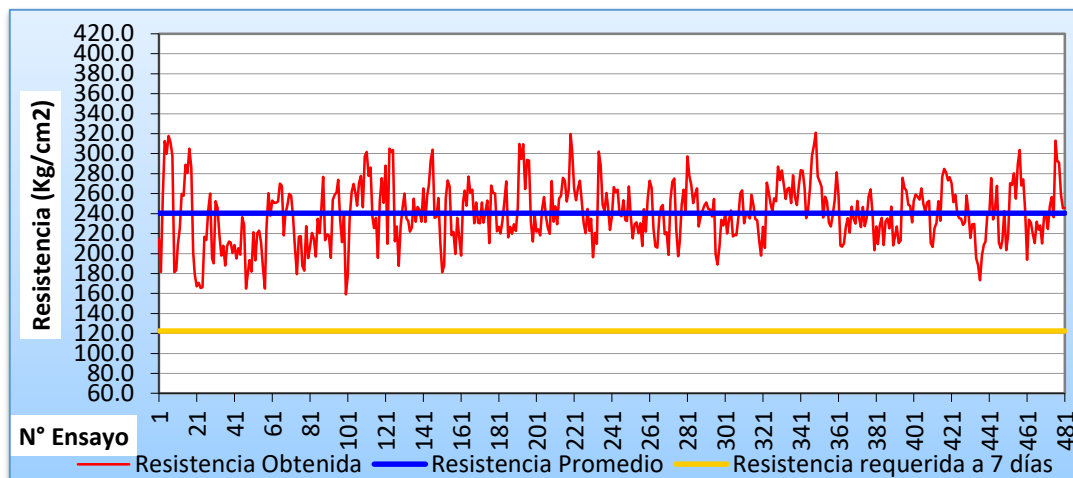


Tabla N° 35

Resumen estadístico de resistencias mortero f'c 175 a edad de 7 días

Número de Ensayos (n)	481
Resistencia Especificada (kg/cm2)	175.0
Resistencia Promedio (kg/cm2)	240.4
Resistencia Mínima obtenida (kg/cm2)	159.0
Resistencia Máxima obtenida (kg/cm2)	321.1
Resistencia Requerida a 7 días (kg/cm2)	122.5

A la edad de 28 días, se obtuvo en promedio resistencias por encima del 190% de la resistencia requerida tal y como lo muestran la Figura N°154 y Tabla N°36.

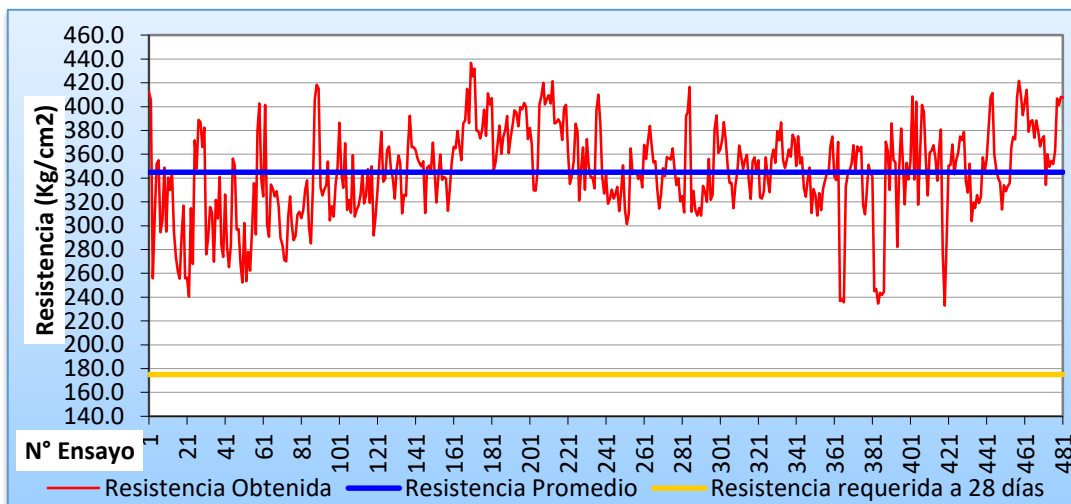
Tabla N° 36

Resumen estadístico de resistencias de mortero f'c 175 a edad de 28 días

Número de Ensayos (n)	481
Resistencia Especificada (kg/cm2)	175.0
Resistencia Promedio (kg/cm2)	344.9
Resistencia Mínima obtenida (kg/cm2)	232.9
Resistencia Máxima obtenida (kg/cm2)	436.6

Figura N° 154

Histograma de resistencias mortero f'c 175 kg/cm2 a edad de 28 días



b) Resistencias a la compresión de grouting f'c 750 kg/cm2 a los 07 días y 28 días

El diseño de grouting f'c 750 kg/cm2 preparado in situ fue usado como relleno en los emboquillados de las cámaras y buzones, así como en las reparaciones en las estructuras de concreto armado.

Según la ficha técnica del proveedor a la edad de 7 días el grouting debe alcanzar una resistencia a la compresión de 500 kg/cm2; sin embargo, en el proyecto a la edad de 7 días se obtuvo resistencias que superan el 100% de la resistencia requerida a dicha edad (ver Figura N°155 y Tabla N°37).

Figura N° 155

Histograma de resistencias grouting f'c 750 kg/cm2 a edad de 7 días

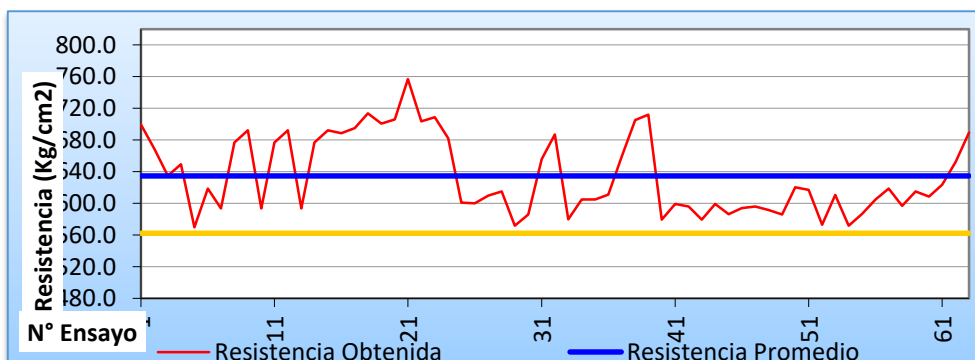


Tabla N° 37

Resumen estadístico de resistencias grouting a edad de 7 días

Número de Ensayos (n)	63
Resistencia Especificada (kg/cm ²)	750.0
Resistencia Promedio (kg/cm ²)	634.7
Resistencia Mínima obtenida (kg/cm ²)	569.8
Resistencia Máxima obtenida (kg/cm ²)	757.1
Resistencia Requerida a 7 días (70% especificada) (kg/cm ²)	562.5

A la edad de 28 días, se obtuvo en promedio resistencias por encima del 108% de la resistencia requerida tal y como lo muestran la Figura N°156 y Tabla N°38.

Figura N° 156

Histograma de resistencias grouting f'c 750 kg/cm² a edad de 28 días

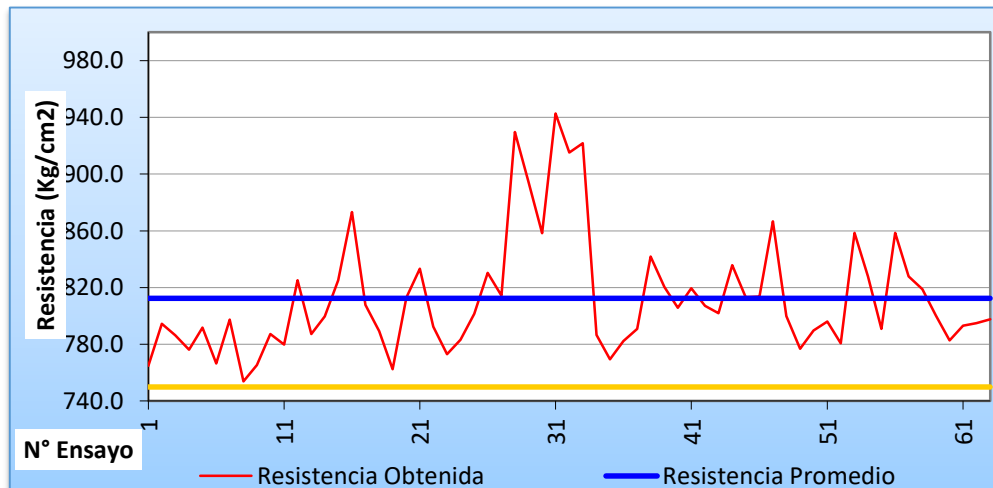


Tabla N° 38

Resumen estadístico de resistencias grouting a edad de 28 días

Número de Ensayos (n)	63
Resistencia Especificada (kg/cm ²)	750.0
Resistencia Promedio (kg/cm ²)	812.5
Resistencia Mínima obtenida (kg/cm ²)	753.9
Resistencia Máxima obtenida (kg/cm ²)	942.7

c) Resistencias a la compresión de unisuelo superfluido f'c 10 kg/cm² a los 07 días y 28 días

El diseño de unisuelo superfluido premezclado f'c 10 kg/cm² fue usado como relleno entre túnel liner y tubería HDPE en los tramos T-1, T-2, T-3, T-4, T-6 y T-7, y como relleno en las tuberías de abandono encontradas como interferencias.

Según diseño emitido por UNICON a la edad de 7 días el grouting debe alcanzar una resistencia a la compresión de 7 kg/cm²; sin embargo, en el proyecto a la edad de 7 días se obtuvo resistencias que superan la resistencia requerida (ver Figura N°157 y Tabla N°39).

Figura N° 157

Histograma de resistencias unisuelo superfluido f'c 10 kg/cm² a edad de 7 días

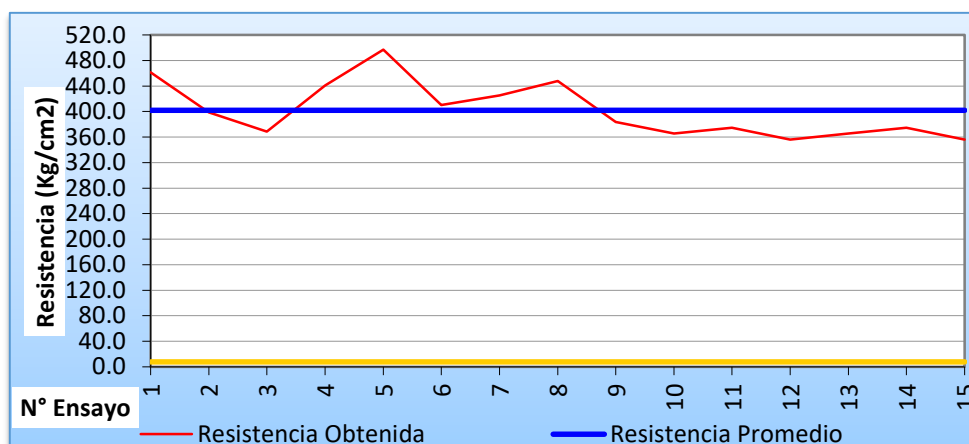


Tabla N° 39

Resumen estadístico de resistencias unisuelo a edad de 7 días

Número de Ensayos (n)	15
Resistencia Especificada (kg/cm ²)	10.0
Resistencia Promedio (kg/cm ²)	401.7
Resistencia Mínima obtenida (kg/cm ²)	356.1
Resistencia Máxima obtenida (kg/cm ²)	497.0
Resistencia Requerida a 7 días (70% especificada) (kg/cm ²)	7.5

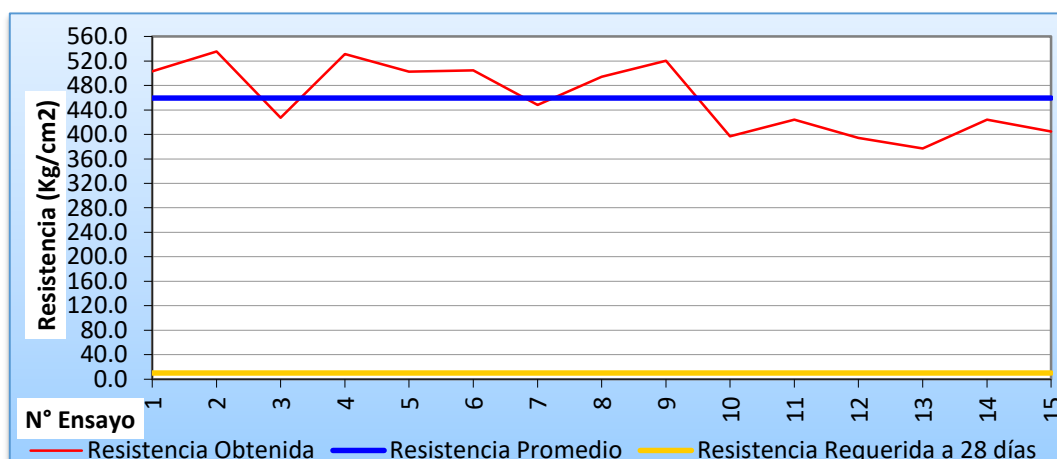
A la edad de 28 días, se obtuvo en promedio resistencias por encima del 450% de la resistencia requerida tal y como lo muestran la Figura N°158 y Tabla N°40.

Tabla N° 40

Resumen estadístico de resistencias unisuelo a edad de 28 días

Número de Ensayos (n)	15
Resistencia Especificada (kg/cm ²)	10.0
Resistencia Promedio (kg/cm ²)	459.2
Resistencia Mínima obtenida (kg/cm ²)	377.0
Resistencia Máxima obtenida (kg/cm ²)	535.5

Figura N° 158

Histograma de resistencias unisuelo superfluido f'c 10 kg/cm² a edad de 28 días

6.5.3. Prueba de Estanqueidad

Como parte de las pruebas finales del proyecto y la validación de las impermeabilizaciones ejecutadas a las cámaras y buzones de manera conjunta con el cliente.

- Llenar de agua hasta el nivel de la primera losa intermedia y/o 3 m de altura medido desde la cota de fondo en el caso que no lo hubiera
- Controlar la diferencia de niveles al término de la primera hora de prueba, en caso presente una disminución de nivel considerable se secará la cámara o buzón y se identificará la filtración o fuga para subsanar tal defecto y se realizará tantas pruebas sea necesario, hasta lograr completamente la impermeabilización total (ver Figura N°159).
- En caso de no existir una disminución considerable al término de la primera hora, se verificará la diferencia de niveles al transcurrir las 24 horas de prueba y se protocoliza previa liberación con la supervisión (ver Figura N°160).

Figura N° 159

Prueba de estanqueidad en cámaras y buzones

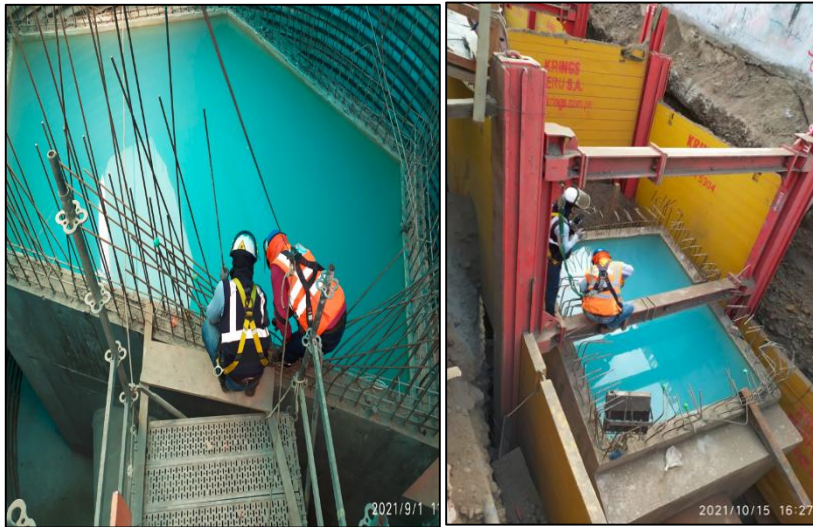


Figura N° 160

Registro de liberación de prueba de estanqueidad en cámara CDE-01

		COD: 30970-PC-IMP-01-F2 Revisión: 00	PROYECTO: "Construcción de Solución definitiva en la estación Pirámide del Sol - San Juan de Lurigancho"	Reg. N°: 06						
REGISTRO DE PRUEBA DE IMPERMEABILIZACIÓN										
Contratista: <u>COSAPI S.A</u>			Fecha: <u>01/09/2021</u>							
Área General: <u>CÁMARA ESPECIALES</u>		Área: <u>CÁMARA CDE-01</u>								
Estructura: <u>CÁMARA CDE-01</u>										
Documento de Referencia: <u>30970 - AL-40 - CDE-01 - 002</u>										
Tipo de Prueba: <u>ESTANQUEIDAD</u>				Duración: <u>24 HORAS</u>						
ESTRUCTURA	SUPERFICIE	TIPO DE IMPERMEABILIZANTE	NOMBRE PRODUCTO	TIEMPO DE PRUEBA		NIVEL DE AGUA (m)		Diferencia de niveles Δ (m)	Aceptable	
				HORA INICIO	HORA FINAL	INICIO (m)	FINAL (m)		SI	NO
CDE-01 (1HR.)	—	CRISTALIZACIÓN	VEVOSIT CW 111	11:00	12:00	3.00	3.00	0		✓
CDE-01 (24 hrs)	—	CRISTALIZACIÓN	VEVOSIT CW 111	11:00	11:00	3.00	3.00	0		✓
EXISTE FILTRACIONES EN CÁMARA O BUZÓN: SI <input type="checkbox"/> NO: <input checked="" type="checkbox"/>				PRESENTA VARIACIONES CONSIDERABLES EL NIVEL DE AGUA: SI <input type="checkbox"/> NO: <input checked="" type="checkbox"/>						
CONFORME: SI: <input checked="" type="checkbox"/> NO: <input type="checkbox"/>										
OBSERVACIONES: <u>FECHA INICIO DE PRUEBA: 31/08/2021</u> <u>FECHA DE TÉRMINO DE PRUEBA: 01/09/2021</u>										
PRODUCCIÓN - COSAPI Nombre / Función: <u>COSAPI S.A</u> Firma: <u>BRENDA MUÑOZ PALACIOS</u> INGENIERO DE PRODUCCIÓN		CALIDAD - COSAPI Nombre / Función: <u>COSAPI S.A</u> Firma: <u>JORGE REYES DÁVALOS</u> INGENIERO EN SISTEMAS DE CALIDAD		SUPERVISIÓN - HC & ASOCIADOS Nombre / Función: <u>Diamond Paz Ludeña</u> Firma: <u>ING. YVETTE MARCOS MOLQUILLAZA</u> INGENIERO EN SISTEMAS DE CALIDAD						

6.5.4. Prueba de Humo

Como aseguramiento de la calidad, al proceso de soldadura por electrofusión, se realizó una prueba de humo por cada acople electrofusionado, siendo esta frecuencia más exigente a lo indicado en las especificaciones técnicas del proyecto, donde indica una por tramo.

Se tienen en el proyecto 72 acoples instalados ver Tabla N°41, con la participación y verificación constante por parte de la Supervisión, obteniendo la tabla siguiente:

Tabla N° 41

Resumen de acoples instalados para prueba de humo

Tramo	Cantidad de acoples	Fecha	
		Inicio	Término
T-07	01	16/04/21	16/04/21
T-01	07	20/04/21	28/04/21
T-02	07	21/04/21	24/04/21
T-03	18	27/04/21	08/05/21
T-04	12	11/05/21	18/05/21
T-06	09	17/05/21	25/09/21
T-05	18	20/09/21	26/09/21

- a) De acuerdo a las especificaciones del proyecto, se demuestra que en ensayo de prueba de humo cumple con los parámetros siguientes:
- **Presión no menor de 1 lib/pulg²**, se ha verificado que la presión del sistema es mayor o igual a 1 PSI y por lo tanto cumple con las especificaciones técnicas del proyecto
 - **Soplador tenga una capacidad de por lo menos 500 litros por segundo**, la máquina de humo que se ha utilizado tiene una capacidad de volumen de 75000 CUFT/minuto que equivale aproximadamente a 35000 litros por segundo, valor superior al requerido en las especificaciones técnicas del proyecto
 - **La presión será mantenida por un tiempo no menor de 15 minutos**, se ha verificado que la presión se mantiene constante por un periodo de tiempo mayor o igual a 15 minutos y por lo tanto cumple con las especificaciones técnicas del proyecto

- **El humo será blanco o gris**, como bien se ve en el informe, el humo que emite esta máquina es de color blanco y por lo tanto cumple con las especificaciones técnicas del proyecto.

Panel Fotográfico

1. El tramo de tubería fue inyectado con humo y aire en presión (ver Figura N°161), para lo cual se contó con el equipo de humo (maquina FOG 3000 W) y una compresora de aire (Truper, compresora horizontal, 50 L, 3-1/2 HP, 127V), como lo muestra la Figura N°163)

Figura N° 161

Tramo de tubería de prueba, instalado de una copla en el tramo



2. El humo es inyectado por un lapso de 15 minutos por acople, apreciándose el llenado en los extremos de tubería (ver Figuras N°162).

Figura N° 162

Ingreso de humo mientras de inyecta presión



Figura N° 163

Se procede a ingresar aire con compresora a presión constante

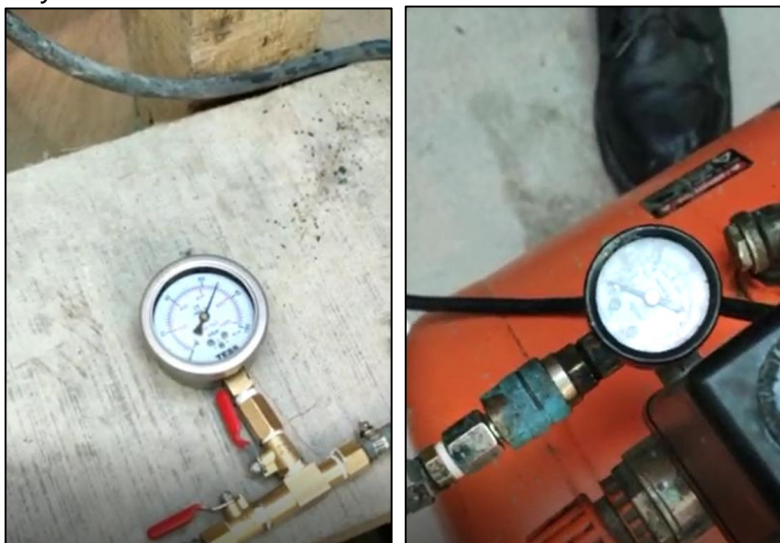


Nota. Se ingresa a una presión mínima de 1psi = 69mbar

3. Al momento de ingresar el aire al tramo instalado, con ayuda del manómetro, se va verificando la presión del sistema (tubería y acople), como se muestra en la Figura N°164.

Figura N° 164

La presión de inyección medida con el manómetro del sistema.



4. Al tener el sistema una presión mayor o igual a 1 PSI, los extremos de tuberías forrados con cinta stretch film se inflarán y su deformación estará en función a la presión del sistema y tiempo de duración del ensayo (ver Figura N°165). Si durante el ensayo no se observa fugas de humo en los acoples del tramo evaluado se habría logrado superar los controles de calidad requeridos para la instalación de la tuberías por electrofusión (ver Figura N°166).

Figura N° 165

Prueba de humo en presencia de la Supervisión



Figura N° 166

Registro de liberación de prueba de humo en tramo T-7

COSAPI		Proyecto: "CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL- SAN JUAN DE LURIGANCHO"				sedapal						
		REGISTRO DE INYECCIÓN DE PRUEBA DE HUMO PARATUBERÍAS DE HDPE				HC&A						
CR: 3097	Cód.: PC-TUB-02-F4	Rev. 0	N° REGISTRO: 01	FECHA: 19-04-21	PAGINA: 1 de 1							
DIAMETRO (pulg/mm)		/600		SDR		26						
NORMA DE REFERENCIA		SEDAPAL	-	DVS 2207-1	-	OTRAS ESPECIFICACIÓN TÉCNICA						
DESCRIPCIÓN / TRAMO / N° SOLDADURA		PRUEBA DE HUMO T-7 / CD-01 a B2P-03										
MODELO DE EQUIPO / N° SERIE		COMPRESORA COMP-54LT		MANÓMETRO VAP-2235		MÁQUINA DE HUMO FOG 3000 W						
PROCEDIMIENTO DE FUSIÓN		PC-TUB-02 Rev_2										
IDENTIFICACIÓN DE LA JUNTA EXAMINADA		ASPECTOS A CHEQUEAR										
N° Junta	Tramo	Fecha de Prueba	Inspección de diámetro de tubería	Alineamiento y pendiente de tubería y acople de acuerdo con el plano	Presión: 1.18	Tiempo de prueba: 15 Min	Hora de inicio de prueba: 08:30	Hora final de prueba: 09:30	Presencia de humo en las juntas de soldadura			
01	T-07	19-04-2021	OK	OK	OK	OK	OK	OK	-	-	-	-
Observaciones:												
<input checked="" type="checkbox"/> Aceptable <input type="checkbox"/> Aceptable c/ Observación <input type="checkbox"/> Rechazado												
PRODUCCIÓN - COSAPI			CALIDAD - COSAPI			SUPERVISIÓN - HC&A						
Nombre: <i>Vladimir Fernandez Larrauri</i>			Nombre: <i>Jorge Reyes Dávalos</i>			Nombre: <i>Marco A. Chacón</i>						
Firma: <i>[Firma]</i>			Firma: <i>[Firma]</i>			Firma: <i>[Firma]</i>						
Fecha: 19-04-2021			Fecha: 19-04-2021			Fecha: 19-04-21						
COSAPI S.A. VLADIMIR FERNANDEZ LARRAURI RESIDENTE DE OBRA CIP 141720			COSAPI S.A. YVETTE MARCOS MOQUILLAZA JEFE DE CALIDAD CIP 166386			Ing. Marco Chacón Chacón ESPECIALISTA EN MANEJO DE Y SISTEMAS DE BOMBEO Reg. CIP 169327						

6.5.5. Inspección Televisiva

Según las Especificaciones Técnicas Específicas del proyecto, los tramos con tuberías instaladas al 100% deberán pasar cada uno por una inspección televisiva, de la cual se

emitirán un informe técnico por el especialista de saneamiento y una cinta de vídeo de 2 horas del recorrido en el tramo en formato digital etiquetados profesionalmente mostrando el nombre de SEDAPAL, el tramo grabado en la cinta y el nombre del Contratista.

Esta inspección es realizada por el Cliente SEDAPAL, con sus propios equipos y medios (ver Figura N°167). Como parte del aseguramiento de Calidad, en campo se exige al personal del área de inspección de SEDAPAL la ficha técnica del equipo televisivo, y la entrega de los vídeos con sus descripciones respectivas (ver Figura N°168). Como resultado no se encontró anomalías en la dirección del tramo ni en juntas, por lo que el tramo queda liberado con Supervisión (ver Figura N°169)

Figura N° 167

Ingreso de Cámara CCTV móvil al interior de la tubería HDPE



Figura N° 168

Inspección televisiva desde la estación de monitoreo



Figura N° 169

Registro de liberación de inspección televisiva en tramo T-5

COSAPI		Proyecto: "CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN ESTACIÓN PIRAMIDE DEL SOL - SAN JUAN DE LURIGANCHO"		sedapal HC&A		
REGISTRO DE INSPECCIÓN TELEVISIVA						
Código No.: 30970-FC-TUB-02-F8	Revisión: 01	N° REGISTRO: 06	FECHA: 20/10/21	PÁGINA: 1 DE 1		
Estructura:	INGRESO A B2P-02					
Elemento/Fase:	TRAMO 5					
Descripción:	INSPECCIÓN TELEVISIVA DE TUBERÍAS Y UNIONES HDPE					
Ubicación Exacta:	B2P-02 @ CD-03					
Documentos de Referencia:	319-001-131-110-101-002					
ITEM	Descripción	Notas	V°P CALIDAD		V°P SUPERVISIÓN	
			Fecha	Firma	Fecha	Firma
1.0	Verificación de instalación de tuberías HDPE	CONFORME	20/10/21	[Firma]	20/10/21	[Firma]
2.0	Verificación de longitud de tramo instalado	CONFORME	20/10/21	[Firma]	20/10/21	[Firma]
3.0	Verificación de uniones entre tuberías	CONFORME	20/10/21	[Firma]	20/10/21	[Firma]
4.0	Inspección visual del tramo recorrido	CONFORME SIN OBSERVACIONES	20/10/21	[Firma]	20/10/21	[Firma]
<p>Cliqueo:</p>						
OBSERVACIONES						
ELABORADO: Calidad		REVISADO: Producción		APROBADO: Supervisión - SEDAPAL		
Nombre:	COSAPI S.A.	Nombre:	COSAPI S.A.	Nombre:	Omar Ramirez A.	
Fecha:	JORGE REYES DÁVALOS INGENIERO ASISTENTE DE CALIDAD	Fecha:	DIANA GABRIELA PETA ECHE INGENIERO DE PRODUCCIÓN CIP 245680	Fecha:	20-10-21	
Firma:	[Firma]	Firma:	[Firma]	Firma:	[Firma]	
 YVETTE MARCOS MOCUILLAZA INGENIERA DE CALIDAD CIP 166588		 Ing. Marco Chaparro Choque ESPECIALISTA EN SANITARIOS Y SISTEMAS DE BOMBEO Reg. CIP 167631		 06774040		

6.5.6. Ensayos de Compactación de Rellenos Estructurales

La Tabla N°42 muestra los resultados de los grados de compactación promedio de los distintos tipos capas de relleno existentes en el proyecto: sub rasante, sub base y base, obtenidos con los métodos de cono de arena para la primera y con densímetro nuclear para los dos restantes, según lo muestra la Tabla N°42. Se protocolizó un total de 435 registros de relleno y compactación liberados al 100%.

Tabla N° 42

Resumen de registros de relleno y compactación en el proyecto.

ÍTEM	Tramo	Tipo de capa	Grado de Compactación Promedio (%)	N° Protocolos liberados
1	Av. Próceres de la Independencia (Auxiliar y principal)	sub rasante	96.1	14
		sub base	100.5	10
		base	101.2	10
2	Redes Secundarias	sub rasante	97.2	14
3	Buzón B al CIS-01	sub rasante	96.7	113
		base	100.7	10
4	Buzones	sub rasante	97.3	7
		base	101	5
5	Cámaras	sub rasante	98.4	160
		base	101.5	4
6	Zanja Abierta (tramo T-5)	sub rasante	97.9	76
		base	101.3	12

6.5.7. Ensayos de Compactación de Carpeta Asfáltica

Se muestra en la Tabla N°43 los resultados de los controles de compactación promedio a la carpeta asfáltica en el proyecto, donde todos superan el 98% según especificación. Se protocolizó un total de 10 registros de densidad de campo para mezcla asfáltica en caliente, se muestra un registro típico en la Figura N°170.

Figura N° 170

Registro de liberación de grado de compactación de asfalto en caliente

Test N°	Fecha de Ensayo	Utilización o Progresiva del Ensayo	Capa (TOTAL)	Espesor de Capa (m)	Lado	Peso Unitario de la Mezcla Asfáltica - Marshall	Peso Unitario de la Mezcla Asfáltica - Densímetro	Compactación (%)	Especificación (%)	RESULTADO
1	03/03/2022	0 + 010	2	0.10	D	2.368	2.150	90.8		
2	03/03/2022	0 + 030	2	0.10	C	2.368	2.424	102.4		
3	03/03/2022	0 + 070	2	0.10	D	2.368	2.432	102.7		
4	03/03/2022	0 + 090	2	0.10	D	2.368	2.315	97.7		
5	03/03/2022	0 + 130	2	0.10	C	2.368	2.400	101.4		
6	03/03/2022	0 + 170	2	0.10	C	2.368	2.320	98.0		
7	03/03/2022	0 + 190	2	0.10	C	2.368	2.463	104.0		
8	03/03/2022	0 + 220	2	0.10	C	2.368	2.365	99.9		

EL GRADO DE COMPACTACIÓN PROMEDIO DE LOS OCHO (8) PUNOS TOMADOS ES DE 99.6% SIENDO ESTE VALOR MAYOR AL MÍNIMO REQUERIDO SEGUN NORMA CE 010 PAVIMENTOS URBANOS; POR ENDE CUMPLE CON LA ESPECIFICACIÓN.

Observaciones: LA SUPERVISIÓN REVISARÁ EL ACABADO.
- LA SUPERVISIÓN VIENE PRESENTANDO OBSERVACIONES. COSAPI: EL PRESENTE PROTOCOLO SE DEJARÁ EN COMANDO SIN REVISAR Y LAS OBSERVACIONES SE VIENEN LEVANTANDO.

PRODUCCIÓN - COSAPI: Firma: COSAPI S.A. [Firma] Nombre / Función: JEFE DE PRODUCCIÓN [Firma]		CALIDAD - COSAPI: Firma: COSAPI S.A. [Firma] Nombre / Función: YVETTE MARCOS MOQUILLAZA JEFE DE CALIDAD CIP 166588		SUPERVISIÓN DE OBRAS: Firma: [Firma] Nombre / Función: [Firma]	
D	M	D	M	D	M
A	A	A	A	A	A

Control y aseguramiento de la calidad en la construcción de un tramo del colector Canto Grande – San Juan de Lurigancho
Bach. Reyes Dávalos, Jorge Luis

Tabla N° 43

Resumen de registros de densidad de campo para mezcla asfáltica

COSAPI		PROYECTO: "CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL SAN JUAN DE LURIGANCHO"				sedapal	
		INDICE DE DOSSIER DE CALIDAD					
ENTREGADO POR:		COSAPI S.A.		FECHA:		04/02/2022	
Item	Nombre del Documento	Código de Documento	No. de Documento	G.C %	Descripción	Observaciones	
7.0 PROTOCOLOS QA-QC							
7.10 TRABAJOS DE REPOSICIÓN						TOMO XVI	
7.10.1 PAVIMENTOS							
7.10.1.7 CONTROL DE DENSIDADES Y GRADO DE COMPACTACIÓN - DENSIMETRO NUCLEAR						TOMO XVI / VOLUMEN 3 DE 4	
7.10.1.7.1	Protocolo de Verificación de Densidad de Campo para Mezcla Asfáltica en Caliente	PC-PAV-01-F6	1	101.0	Control de compactación de pavimento Asfáltico en tramo CD-01	e= 2"-4"	
7.10.1.7.2	Protocolo de Verificación de Densidad de Campo para Mezcla Asfáltica en Caliente	PC-PAV-01-F6	2	99.2	Control de compactación de pavimento Asfáltico en tramo frente a CD-01	e= 4"	
7.10.1.7.3	Protocolo de Verificación de Densidad de Campo para Mezcla Asfáltica en Caliente	PC-PAV-01-F6	3	99.3	Control de compactación de pavimento Asfáltico en tramo 5	e= 2"	
7.10.1.7.4	Protocolo de Verificación de Densidad de Campo para Mezcla Asfáltica en Caliente	PC-PAV-01-F6	4	98.1	Control de compactación de pavimento Asfáltico en tramo BZP-01	e= 2"	
7.10.1.7.5	Protocolo de Verificación de Densidad de Campo para Mezcla Asfáltica en Caliente	PC-PAV-01-F6	5	99.6	Control de compactación de pavimento Asfáltico en av. próceres de la independencia prog. 0+000 a 0+240	e= 4"	
7.10.1.7.6	Protocolo de Verificación de Densidad de Campo para Mezcla Asfáltica en Caliente	PC-PAV-01-F6	6	98.8	Control de compactación de pavimento Asfáltico en av. próceres de la independencia prog. 0+240 a 0+440	e= 4"	
7.10.1.7.7	Protocolo de Verificación de Densidad de Campo para Mezcla Asfáltica en Caliente	PC-PAV-01-F6	7	99.8	Control de compactación de pavimento Asfáltico en av. próceres de la independencia prog. 0+440 a 0+550	e= 4"	
7.10.1.7.8	Protocolo de Verificación de Densidad de Campo para Mezcla Asfáltica en Caliente	PC-PAV-01-F6	8	99.8	Control de compactación de pavimento Asfáltico en av. próceres de la independencia prog. 0+550 a 0+812	e= 4"	
7.10.1.7.9	Protocolo de Verificación de Densidad de Campo para Mezcla Asfáltica en Caliente	PC-PAV-01-F6	9	100.7	Control de compactación de pavimento Asfáltico en Sector 2 tramo av. Auxiliar de próceres de la independencia prog. 0+000 a 0+098.77	e= 2"	
7.10.1.7.10	Protocolo de Verificación de Densidad de Campo para Mezcla Asfáltica en Caliente	PC-PAV-01-F6	10	99.3	Control de compactación de pavimento Asfáltico en tramo buzón B al CIS-01 prog. 0+000 a 0+203.17 av. Auxiliar de próceres de la independencia	e= 4"	
Total Documentos:		10					
Total Hojas:		996					
ELABORADO		COSAPI		REVISADO		HC&ASOCIADOS S.R.L.	
APROBADO		APROBADO		APROBADO		APROBADO	
NOMBRE: 		NOMBRE: COSAPI S.A		NOMBRE: 		NOMBRE: 	
FIRMA: JORGE REYES DÁVALOS		FIRMA: YVETTE MARCOS MOQUILLAZA		FIRMA: VLADIMIR FERNÁNDEZ LARRAURI		FIRMA: VLADIMIR FERNÁNDEZ LARRAURI	
FECHA: INGENIERO ASISTENTE DE CALIDAD		FECHA: JEFE DE CALIDAD		FECHA: CIP 166588		FECHA: RESIDENTE DE OBRA	
						CIP 141723	

6.6. Mejora continua

6.6.1. Tratamiento de la salida no conforme

Las No Conformidades del Proyecto pasaron por un tratamiento según la ISO 9001:2015, donde en primera instancia se toman acciones inmediatas con el fin de resarcir o corregir la salida no conforme; luego pasa por un análisis detallado para hallar la causa raíz de la No Conformidad, esto con la finalidad de tomar acción de tal manera que elimine esta causa raíz, a esta acción se le denomina acción correctiva.

Para el control de estas desviaciones en campo, se hizo uso del aplicativo SCOPE para registrar y reportar al momento en campo, tanto las observaciones como los productos no conformes (ver Figura N°171).

Figura N° 171

Captura de App Móvil Scope de una desviación en campo



La estructura usada en el proyecto para el Log y registros de las No Conformidades viene dada por 4 divisiones siguientes:

1) Información General

Según se muestra en la Tabla N°44, los datos a ingresar siguen la secuencia siguiente:

- En primer lugar, enumeramos el registro de la no conformidad
- Colocamos la fecha del registro de la no conformidad
- Clasificamos el área según la WBS
- Describimos la No Conformidad: fecha, lugar, incumplimiento con alguna norma, EE.TT, planos.
- Clasificamos la naturaleza de la disciplina
- Describimos la actividad en donde se detectó la No Conformidad.

Tabla N° 44

Estructura de la Información General de una No Conformidad

INFORMACIÓN GENERAL						
ITEM	ID	FECHA DE REGISTRO DE LA NC	ÁREA DEL PROYECTO (Según WBS)	DESCRIPCIÓN	DISCIPLINA	ACTIVIDAD DONDE SE DETECTA
13	3097-RNC-13	24/04/2021	TUBERÍA HDPE 1600 mm	Luego de ejecutar la electrofusión de las tuberías 0055 y 0030 (junta 06), y al realizarse la prueba de humo, se evidenció una fuga de humo en la zona de fusión.	Mecánica	Junta soldada

2) Tratamiento de la Salida No Conforme

Según se muestra en la Tabla N°45, los datos a ingresar siguen la secuencia siguiente:

- En primer lugar, describimos la acción inmediata
- Colocamos la fecha que se implementó la acción inmediata
- Clasificamos el estado en el que se encuentra la acción inmediata: Cerrado, Abierto o En Proceso.
- Colocamos el responsable de la ejecución de la acción inmediata.
- Clasificamos la naturaleza de la disciplina
- Describimos la actividad en donde se detectó la No Conformidad.

Tabla N° 45

Estructura del Tratamiento de la Salida No Conforme de una No Conformidad

TRATAMIENTO DE LA SALIDA NO CONFORME			
DESCRIPCIÓN DE LA ACCIÓN INMEDIATA	FECHA DE ACCIÓN INMEDIATA REAL	ESTADO	RESPONSABLE DE LA ACCIÓN (Empresa o Subcontrato)
Se volvió a electrofusionar la zona afectada, levantando con una gata y nivelando la tubería.	26/04/2021	Cerrado	Brenda Muñoz - Ing. de Producción

3) Análisis

Según se muestra en la Tabla N°47, los datos a ingresar siguen la secuencia siguiente:

- En primer lugar, se define la causa raíz que originó la no conformidad.
- Definir la acción correctiva que se implementará para eliminar la causa raíz de la no conformidad.
- Colocar la fecha que se ejecutó la acción correctiva.
- Clasificamos el estado en el que se encuentra la acción inmediata: Cerrado, Abierto o En Proceso.
- Clasificamos si la verificación de la eficacia de la acción correctiva fue eficaz o no.

Tabla N° 46

Estructura del Análisis de una No Conformidad

ANÁLISIS				
CAUSA	ACCIONES CORRECTIVAS	FECHA	ESTADO	VERIFICACIÓN
La tuberías no estuvieron correctamente niveladas al momento de la electrofusión, por lo que hubo un desfase entre ellas, y no se fusionó una zona específica	Verificar la nivelación de las tuberías antes y después de acoplarse, previo a la electrofusión	26/04/2021	Cerrado	Eficaz

4) Cálculo del Costo de No Calidad

En este apartado evaluamos y analizamos todos los recursos usados para levantar la No Conformidad, esto abarca desde la acción inmediata hasta la acción correctiva en caso aplique. Según la Tabla N°47, calculamos la cantidad y colocamos el Precio Unitario por unidad de medida que se usó, en todos los recursos que apliquen, además se coloca el Responsable de asumir el costo del recurso "C" si es el contratista o "E" si es un externo.

Tabla N° 47

Estructura del Cálculo del Costo de No Calidad de una NC

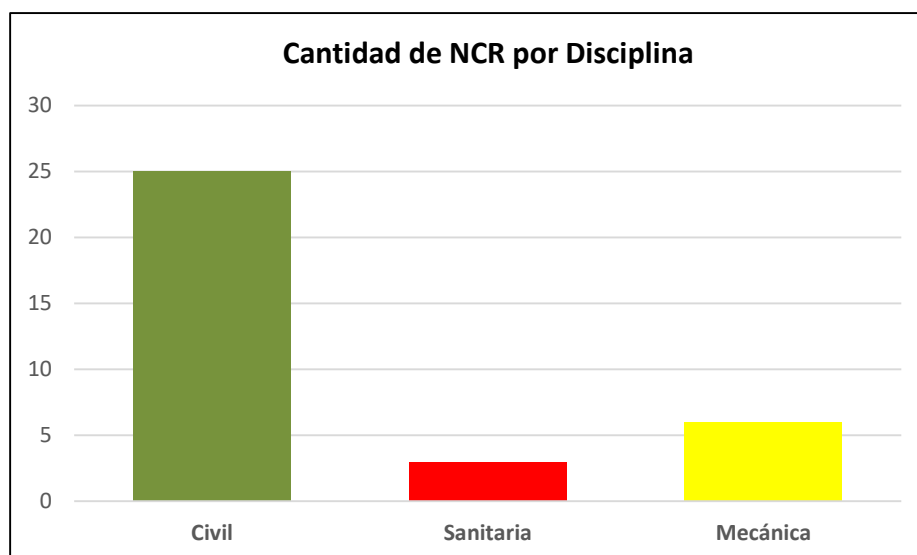
CALCULO DEL COSTO DE NO CALIDAD																			
MATERIALES				MANO DE OBRA				EQUIPOS				SUB CONTRATO				EMPLEADOS			
Cantid ad	PU (S/. o \$)	Total		Cantida d	PU (S/. o \$)	Total		Cantid ad	PU (S/. o \$)	Total		Cantid ad	PU (S/. o \$)	Total		Cantid ad	PU (S/. o \$)	Total	
		Monto	RESP. (C o E)			Monto	RESP. (C o E)			Monto	RESP. (C o E)			Monto	RESP. (C o E)			Monto	RESP. (C o E)
		-				730.8	C			2000	C			-				336	C

Se hallaron un total de 34 No Conformidades que fueron clasificadas según el área y disciplina al que pertenecen.

La Figura N°172 muestra que la mayoría de productos no conformes se detectaron en la disciplina civil, con el 73.5 % del total de No Conformidades.

Figura N° 172

Clasificación de No Conformidades según Disciplina



6.6.2. Implementación del sgc: costo – beneficio

Si bien es cierto en el proyecto se alcanzó a implementar un Sistema de Gestión de Calidad basado en la norma ISO 9001:2015, es inevitable caer en errores y desviaciones a todo nivel. Resulta necesario identificar los procesos con desviaciones que ponen en riesgo el control y aseguramiento de la calidad, para luego establecer un programa de mejora continua.

Evaluar los costos de calidad del proyecto implica identificar los costos de prevención, costos de evaluación, costos de fallas (internas y externas); es decir enlistamos los elementos que corresponden a cada tipo de costo, según muestra las Tablas N°48 y N°49.

Tabla N° 48

Elementos de costo de calidad: prevención y evaluación

ELEMENTOS DE COSTO DE INVERSIÓN (COSTOS DE CALIDAD)			
ítem	PREVENCIÓN	ítem	EVALUACIÓN
1	Capacitación de Calidad	1	Auditoría interna
2	Personal de calidad	2	Compra de equipos IME
3	Asesoría herramientas de Calidad	3	Calibración de equipos IME
4	Aplicativos de calidad	4	Ensayos de resistencia de concreto
5	Certificación de soldadores	5	Ensayos de pavimento

Tabla N° 49

Elementos de costo de no calidad: fallas internas y externas

ELEMENTOS DE COSTO DE PÉRDIDA (COSTOS DE NO CALIDAD)			
ítem	FALLAS INTERNAS	ítem	FALLAS EXTERNAS
1	Retrabajos	-	-
2	Tiempo Perdido	-	-

Las Tablas N°50 y N°51 nos muestran los costos asociados a la Inversión de calidad: Prevención y Evaluación

Tabla N° 50

Costo de inversión por prevención

ítem	PREVENCIÓN	COSTO (S/)
1	Capacitación de Calidad	3,600.00
2	Personal de calidad	261,000.00
3	Asesoría herramientas de Calidad	450.00

4	Aplicativo SCOPE de calidad	45,000.00
5	Certificación de soldadores	12,000.00
TOTAL		322,050.00

Tabla N° 51*Costo de inversión por evaluación*

ítem	EVALUACIÓN	COSTO
1	Auditoría interna	10,500.00
2	Alquiler de equipos IME	81,600.00
3	Compra de equipos IME	106,000.00
4	Calibración de equipos IME	3,800.00
5	Ensayos de resistencia de concreto	46,750.00
6	Ensayos de pavimento	15,575.00
TOTAL		248,650.00

Por otro lado, la Tabla N°52 nos muestra los costos por falla internas, que no vienen a ser otra cosa que los costos de no calidad por las 34 no conformidades en el proyecto. Además, se menciona que en el proyecto no se tuvo falla externa alguna por parte del Cliente.

Tabla N° 52*Costo de inversión por fallas internas*

ítem	FALLAS INTERNAS	COSTO
1	Retrabajos	11,780.37
2	Tiempo Perdido	17,273.26
3	Reparación	11,879.45
TOTAL		40,933.08

El proyecto tuvo una venta total de 50 millones de soles, que nos permite calcular el % de incidencia de los costos calculadas anteriormente. Se muestran en las Tablas N°53, 54 y 55, los % de costos que representan sobre el monto total de venta del proyecto.

Tabla N° 53*Porcentaje de incidencia de los costos de prevención sobre el monto del proyecto*

ítem	PREVENCIÓN	COSTO (S/)	% del monto total de proyecto
1	Capacitación de Calidad	3,600.00	0.0072%
2	Personal de calidad	261,000.00	0.5220%
3	Asesoría herramientas de Calidad	450.00	0.0009%
4	Aplicativo SCOPE de calidad	45,000.00	0.0900%

5	Certificación de soldadores	12,000.00	0.0240%
TOTAL			0.6441%

Tabla N° 54

Porcentaje de incidencia de los costos de evaluación sobre el monto del proyecto

ítem	EVALUACIÓN	COSTO	% del monto total de proyecto
1	Auditoría interna	10,500.00	0.0210%
2	Auditoría Externa (HDPE)	80,000.00	0.1600%
3	Alquiler de equipos IME	81,600.00	0.1632%
4	Compra de equipos IME	106,000.00	0.2120%
5	Calibración de equipos IME	3,800.00	0.0076%
6	Ensayos de resistencia de concreto	46,750.00	0.0935%
7	Ensayos de pavimento	15,575.00	0.0312%
TOTAL			0.6885%

Tabla N° 55

Porcentaje de incidencia de los costos de fallas internas sobre el monto del proyecto

ítem	FALLAS INTERNAS	COSTO	% del monto total de proyecto
1	Retrabajos	11,780.37	0.0236%
2	Tiempo Perdido	17,273.26	0.0345%
3	Reparación	11,879.45	0.0238%
TOTAL			0.0819%

Este análisis de costos de calidad, nos permitió identificar el beneficio que existió en el proyecto con la implementación de un Sistema de Calidad desde una etapa muy temprana, con una inversión de 1.33% del monto y obteniendo pérdidas de solo un 0.082% del monto total del proyecto.

Capítulo VII. Análisis y discusión de resultados

7.1 Análisis de los resultados

Se ha medido el aseguramiento de la calidad en el proyecto, en base a los indicadores establecidos en la Tabla N°12, es así que, para lograr el objetivo principal del presente trabajo, los relacionamos con los pilares del aseguramiento de la Calidad, tal y como se muestra en la Tabla N°56.

Tabla N° 56

Relación del aseguramiento de la calidad con los objetivos de Calidad (indicadores)

ÍTEM	ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD	INDICADOR	META
1	PROGRAMA DE IMPLEMENTACIÓN	Implementación del SGC	≥ 80%
2	PROCEDIMIENTOS CONSTRUCTIVOS, PLAN DE PUNTOS DE INSPECCIÓN, RECURSOS DE SEGUIMIENTO Y MEDICIÓN	Procedimientos Constructivos Aprobados	100%
		Protocolos Validados por el Cliente	100%
		Matriz de Calidad	≤ 5%
3	CAPACITACIÓN AL PERSONAL	Horas Hombre de Capacitación en el mes (HHC)	≥ 0.50
4	AUDITORÍAS INTERNAS	Tratamiento de Producto No Conforme	100%
		Costos de No Calidad	≤ 1%
5	ENCUESTA DE SATISFACCIÓN DEL CLIENTE	Dossier de Calidad	≤ 10%
		Satisfacción del Cliente	≥ 80%

La Tabla N°57 nos detalla los resultados mes a mes de los indicadores del aseguramiento de la calidad a lo largo del proyecto.

Tabla N° 57

Indicadores de calidad reportados a Oficina Central de la empresa

OBJETIVO	META	AÑO 2020				AÑO 2021												AÑO 2022	
		SET MES 1	OCT MES 2	NOV MES 3	DIC MES 4	ENE MES 5	FEB MES 6	MAR MES 7	ABR MES 8	MAY MES 9	JUN MES 10	JUL MES 11	AGO MES 12	SET MES 13	OCT MES 14	NOV MES 15	DIC MES 16	ENE MES 17	FEB MES 18
Implementación del SGC	≥ 80%	71.10%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Procedimientos Constructivos Aprobados	100%	100%	100%	90%	100%	100%	67%	75%	100%	100%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Protocolos Validados por el Cliente	100%	70%	75%	80%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Matriz de Calidad	≤ 5%	0.60%	1.10%	0.30%	0.18%	1.90%	1.23%	2.30%	3.90%	6.50%	5.90%	9%	10%	8.50%	2.60%	2.30%	1.90%	0.50%	0%
Horas Hombre de Capacitación en el mes (HHC)	≥ 0.50	0.80	1.00	0.90	0.90	0.60	0.60	0.60	0.65	0.64	0.68	0.57	0.60	0.60	0.53	0.72	0.85	0.80	0.70
Tratamiento de Producto No Conforme	100%	0%	0%	100%	100%	75.00%	100%	100%	92.86%	89.47%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Costos de No Calidad	≤ 1%	0.0006%	0.0006%	0.0006%	0.0041%	0.0255%	0.0255%	0.0255%	0.0372%	0.0558%	0.0589%	0.0819%	0.0819%	0.0819%	0.0819%	0.0819%	0.0819%	0.0819%	0.0819%
Dossier de Calidad	≤ 10%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	95%	93%	83%	75%	68%	45%	25%	15%	10%	5%	0%
Satisfacción del Cliente	≥ 80%	84.00%	84.00%	84.00%	84.00%	84.00%	84.00%	84.00%	84.00%	84.00%	84.00%	84.00%	87.00%	87.00%	87.00%	87.00%	87.00%	87.00%	87.00%

Por otro lado, la Tabla N°58, nos muestra el resumen los ensayos y pruebas como resultados de los controles de calidad de los procesos más relevantes del proyecto, los cuales fueron objetivos específicos del presente trabajo.

Tabla N° 58

Resultados del Control de Calidad de los procesos relevantes del Proyecto

Ítem	Proceso	Elemento	Pruebas del Control de Calidad	Total ensayos	Especificación	Resultado promedio	Cumplimiento
1	Excavación con Sistema Liner	Pernos helicoidales de 1/2"	Prueba de torque	223	16 ± 2 kg-m	16 kg-m	Cumple
		Mortero f _c = 175 kg/cm ²	Resistencia promedio a la compresión a 28 días	481	≥ 175 kg/cm ²	344.9 kg/cm ²	Cumple
2	Construcción e impermeabilización de Cámaras y buzones	Cámaras y Buzones: (CD-01, CD-02, CD-03, CDE-01, CDE-02, BZP-01, BZP-02, BZP-03, CIS-01)	Prueba de Estanqueidad	9	Δ = 0	Δ = 0	Cumple
		Concreto premezclado f _c = 280 kg/cm ²	Resistencia promedio a la compresión a 28 días	364	≥ 280 kg/cm ²	680.2 kg/cm ²	Cumple
		Grouting f _c = 750 kg/cm ²	Resistencia promedio a la compresión a 28 días	63	≥ 750 kg/cm ²	812.5 kg/cm ²	Cumple
3	Unión e instalación de tuberías HDPE	Tuberías HDPE 1600 y 630 mm (Tramos 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7)	Prueba de Humo	72	Sin Fuga	Sin Fuga	Cumple
			Inspección Televisiva	7	Sin anomalías	Sin anomalías	Cumple
		Unisuelo superfluido f _c = 10 g/cm ²	Resistencia promedio a la compresión a 28 días	15	≥ 10 kg/cm ²	459.2 kg/cm ²	Cumple
4	Reposición de Pavimentos	Suelo cemento f _c = 5 kg/cm ²	Resistencia promedio a la compresión a 28 días	12	≥ 5 kg/cm ²	15 kg/cm ²	Cumple
		Sub Rasante	Densidad de campo (%G.C)	384	≥ 95 %	97.27 %	Cumple
		Sub base	Densidad de campo (%G.C)	10	≥ 100 %	100.50 %	Cumple
		Base	Densidad de campo (%G.C)	41	≥ 100 %	101.14 %	Cumple
		Carpeta Asfáltica	Densidad de campo (%G.C)	10	≥ 98 %	99.56 %	Cumple

7.2 Discusión de resultados

Para lograr una buena eficiencia y altos rendimientos, según Gutiérrez Á., es necesario implementar un Plan de Aseguramiento de la Calidad. En el proyecto, se realizó el seguimiento a la implementación del SGC mediante un indicador mensual que nos mide el avance porcentual de la implementación básica de los requisitos bajo la Norma ISO 9001-2015, el cual se considera aceptable con un mínimo del 80%.

Como lo resalta Mendivelso D., si bien es cierto la misión y visión de la organización reflejadas en la política y objetivos de la calidad es un paso importante para tener un sistema de gestión apto, se debe considerar conocer los resultados de sus procesos. Esto reafirma la importancia de establecer indicadores que midan el progreso de cada proceso para identificar desviaciones y concluir en procesos contribuyentes a la mejora continua.

Como afirma Vásquez R., respecto al seguimiento de la implementación de un SGC en proyectos de alcantarillado sanitario, es importante destacar que los resultados a corto tiempo son moderadamente aceptables por el hecho de que resulta complejo integrar paralelamente los requisitos de la norma ISO 9001-2015; sin embargo, el éxito de la calidad de los entregables se sustenta en la sostenibilidad del SGC implementado durante la duración del proyecto.

Tal y como lo describen HK Solutions Group y Ruiz A., respecto al uso de la tecnología Trenchless para proyectos de redes de servicios públicos, y en específico al uso del Sistema Liner, este significó para el proyecto un método viable y eficaz, donde se conservaron áreas ambientales sensibles, además de controlar el tráfico vehicular y peatonal eficientemente en el área de influencia. Cabe resaltar que un factor importante para elegir un tipo de tecnología trenchless, es conocer las interferencias como medida de seguridad y conservación de conexiones subterráneas existentes.

Como complemento a lo afirmado por Fernández y Huamán, se comprobó que no solo la impermeabilización por cristalización permite reducir los vacíos y absorción capilar en concreto fresco, sino que en concreto endurecido también se reduce considerablemente la capacidad de penetración del agua, y esto se vio reflejado en

la conformidad de las pruebas de calidad de estanqueidad de buzones y cámaras de concreto.

Los parámetros de aceptación para la unión de tuberías HDPE según Guanilo C., son la inspección visual de la pega y una prueba neumática a 2 bares a una probeta durante 1 hora; sin embargo, en el proyecto se dieron por aceptados las uniones mediante las pruebas de humo, que son pruebas visuales e in situ considerando la inyección del fluido a una presión mínima y constante de 1 PSI por un tiempo mínimo de 15 minutos inicialmente y que conforme crece el tramo de tuberías evaluadas aumenta el tiempo proporcionalmente.

Los controles de Calidad realizados a la reposición de pavimentos, según la norma CE.010 Pavimentos Urbanos, se debe contemplar cual si fuera un pavimento nuevo. En el proyecto, se adicionaron evaluaciones de la capa por debajo de la subrasante, obteniendo hasta 50 cm de espesor para la capa de mejoramiento con material seleccionado, y en áreas estrechas como son las zonas alrededor de cámaras y buzones el uso de suelo cemento $f'c=15 \text{ kg/cm}^2$ mayor a lo especificado (5 kg/cm^2) como relleno hasta nivel de subrasante.

Según lo indicado por Vásquez R., respecto a la importancia de implementar un SGC en una obra de alcantarillado sanitario, que en caso se omitiesen, los factores Costo y Tiempo resultan ser significativos. En el proyecto se invirtió en los Costos de Calidad (prevención y evaluación) el 1.33% del monto total de ejecución, obteniendo de esta manera solo un 0.082% de costos de no calidad por retrabajos, tiempo perdido y reparación, es decir, un monto no significativo.

Una limitación para la mejora de los resultados en la entrega del dossier según avance real es sin lugar a duda el contar con un personal encargado de la gestión de la calidad, que pueda plasmar la validación de los procesos día a día, a través de entregas parciales del dossier de calidad.

Por otro lado, para un mejor resultado general del proyecto, se pudo haber complementado con indicadores de costos, para observar la evolución del valor real y ganado a lo largo del tiempo, y cómo estos se relacionan con los indicadores de calidad, tal y como lo establece Muñoz B., en la relación entre el seguimiento de indicadores de control de calidad con el índice de desempeño del costo.

Conclusiones

- El control y aseguramiento de la calidad en el proyecto se han visto reflejados cualitativamente en la calidad del producto entregado al Cliente, y cuantitativamente, en los indicadores de calidad establecidos durante la implementación del SGC.
- La Gerencia de Proyecto cumple un papel importante en representar con su compromiso el cumplimiento de la política y objetivos de la calidad.
- Con un adecuado control de calidad al proceso de excavación mediante la tecnología Liner, se logró trabajar de forma segura, y evitando sobrecostos de reparación al término del proyecto.
- La electrofusión e instalación de tuberías HDPE de gran diámetro en el proyecto del Colector Canto Grande, marca un hito importante en el Perú y deja precedentes en cuanto a los procesos y a su control de calidad de estos mismos, incentivando a realizar mejoras al proceso y a su control de calidad como parte de la mejora continua.
- La tecnología alemana usada en la impermeabilización de las cámaras y buzones, permitieron al equipo de proyecto entender el comportamiento del concreto con sus agentes externos, y con ello las alternativas de solución para lograr su impermeabilización según las necesidades.
- Tras el análisis costo-beneficio de la implementación del SGC en el proyecto, se determinó que mientras más se invierta en elementos de prevención y evaluación, menores serán las pérdidas por fallas.
- Contar con recursos de seguimiento y medición en el proyecto nos permite tener confiabilidad en los resultados obtenidos por estos equipos.
- La causa del mayor costo de no calidad por fallas internas, es la del tiempo perdido, básicamente por actividades que no debieron realizarse y que al final fueron realizados sin cumplir con los lineamientos de calidad, dicho de otra forma que generaron retrabajos.

Recomendaciones

- Es importante implementar un sistema de gestión de calidad desde el inicio de proyecto con la finalidad de crear conciencia en el personal empleado y obrero para cumplir con todos los planes y procedimientos establecidos.
- Resulta necesario contar con un Ingeniero de Gestión de Calidad desde el arranque del proyecto para apoyar con el avance en la elaboración del dossier de calidad mes a mes.
- Para el tratamiento de las No Conformidades es importante involucrar a los responsables de la desviación, y de esta forma darle seguimiento a las acciones que puedan tomar para el cierre de las mismas.
- Es indispensable realizar inspecciones inopinadas al personal empleado (oficinas) y obrero (campo) para evaluar el desempeño de sus actividades como trabajador y de las mejoras continuas que estos puedan identificar.
- Es recomendable documentar y estandarizar los procesos novedosos en el proyecto, tales como la electrofusión de tuberías HDPE 1600 m y la impermeabilización con productos importados, como procedimientos constructivos detallados.
- Ante situaciones controversiales de algún procedimiento en el proyecto, es necesario contar con el asesoramiento de especialistas de la materia con el fin de dar las pautas necesarias de solución.
- Una de las limitaciones del presente trabajo se basa en el diseño inicial del proyecto, donde se consideraron estructuras de concreto armado provisionales pudiendo monitorear los niveles de agua en los buzones.
- Otra de las limitaciones del presente trabajo es la cantidad de cambios de dirección en el trazo lo que permitió usar tecnologías desfasadas y no tecnología más avanzada como el microtunneling para tramos largos.

Referencias bibliográficas

- Abanto, W. (2021). *Propuesta de Tuberías HDPE para Reducir La Vulnerabilidad Sísmica en las Líneas de Agua Potable, El Agustino, Lima 2020*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV. https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/97812/Abanto_RWJ-SD.pdf?sequence=4&isAllowed=y
- Alberca, J. (2021). *Control de calidad en la construcción de una plataforma de lixiviación de la unidad minera Pierina* [Tesis de pregrado, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional Pirhua. <https://hdl.handle.net/11042/5343>
- Alvarado, C. (2022). *Simulación y evaluación para el mejoramiento del colector primario de aguas residuales N° 06 y sus contribuyentes usando el programa Sewercad*. [Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. UNMSM – Tesis. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/19240>
- Brown, C. (2025, 30 de mayo). *Impermeabilización cristalina: la ciencia detrás de ella y por qué es importante*. W.R. Meadows. <https://www.wrmeadows.com/blog/crystalline-waterproofing-systems/>
- Condori, E. (2023). *Propuesta de mejora en las líneas de agua potable y alcantarillado con tuberías de polietileno de alta densidad*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Santa María]. Repositorio UCSM. <https://repositorio.ucsm.edu.pe/handle/20.500.12920/12361>
- Euclid Group Toxement. (2019). Línea de impermeabilización por cristalización. https://www.toxement.com.co/media/3795/brochure_vandex-compressed.pdf.
- Fernández, G. y Huamán, J. (2019). *Evaluación del uso del aditivo impermeabilizante por cristalización para reducir la permeabilidad y mejorar la resistencia a la compresión del concreto $f'c=280$ kg/cm²*. [Tesis de pregrado, Universidad César Vallejo]. Repositorio UCV.

- <https://hdl.handle.net/20.500.12692/46270>
- Guanilo, C. (2017). *Estudio de los procesos de electrofusión y termofusión en unión de tuberías de HDPE en una refinería*. [Tesis de licenciatura en Ingeniería Mecánico-Eléctrica, Universidad de Piura]. Repositorio Institucional PIRHUA. <https://pirhua.udel.edu.pe/item/980cc102-e30f-4870-8719-e6c53b1a730c>
- Gutiérrez, Á. (2019). *Método de Control de la Calidad en la construcción de Obras Subterráneas*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]. Repositorio UNSA. <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/9803>
- Hermida, G. (2013). Concreto Impermeable una mirada reciente. SIKA Informaciones Técnicas (122), 1-36. <https://per.sika.com/dms/getdocument.get/2a4c9422-120b-358c-9436-9672bf915150/BR>
- International Organization for Standardization (2018). Quality management systems – Requirements (ISO Standard No. 9001:2015). <https://www.iso.org/standard/62085.html>
- International Organization for Standardization. (2009). *Sistema de tuberías plásticas para drenaje y alcantarillado subterráneo sin presión. Polietileno* (2a ed.). (ISO Standard No. 8772:2009). <https://www.iso.org/es/contents/data/standard/03/99/39901.html>
- Macko, J. (2023, 21 de diciembre). *Cavar o no cavar: ¿Por qué confiar en la tecnología sin zanja para la reparación de alcantarillado?*. HK Solutions Group. <https://www.hksolutionsgroup.com/about/news-and-articles/to-dig-or-not-to-dig-why-trust-trenchless-technology-for-sewer-repair>
- Mendivelso, D. (2021). *Indicadores de Gestión en la Construcción*. [Trabajo de Grado Ingeniería Civil, Universidad Militar Nueva Granada]. Repositorio UMNG. <https://repository.umng.edu.co/server/api/core/bitstreams/65b32465-91b7-40c0-b51e-d44512702f3e/content>

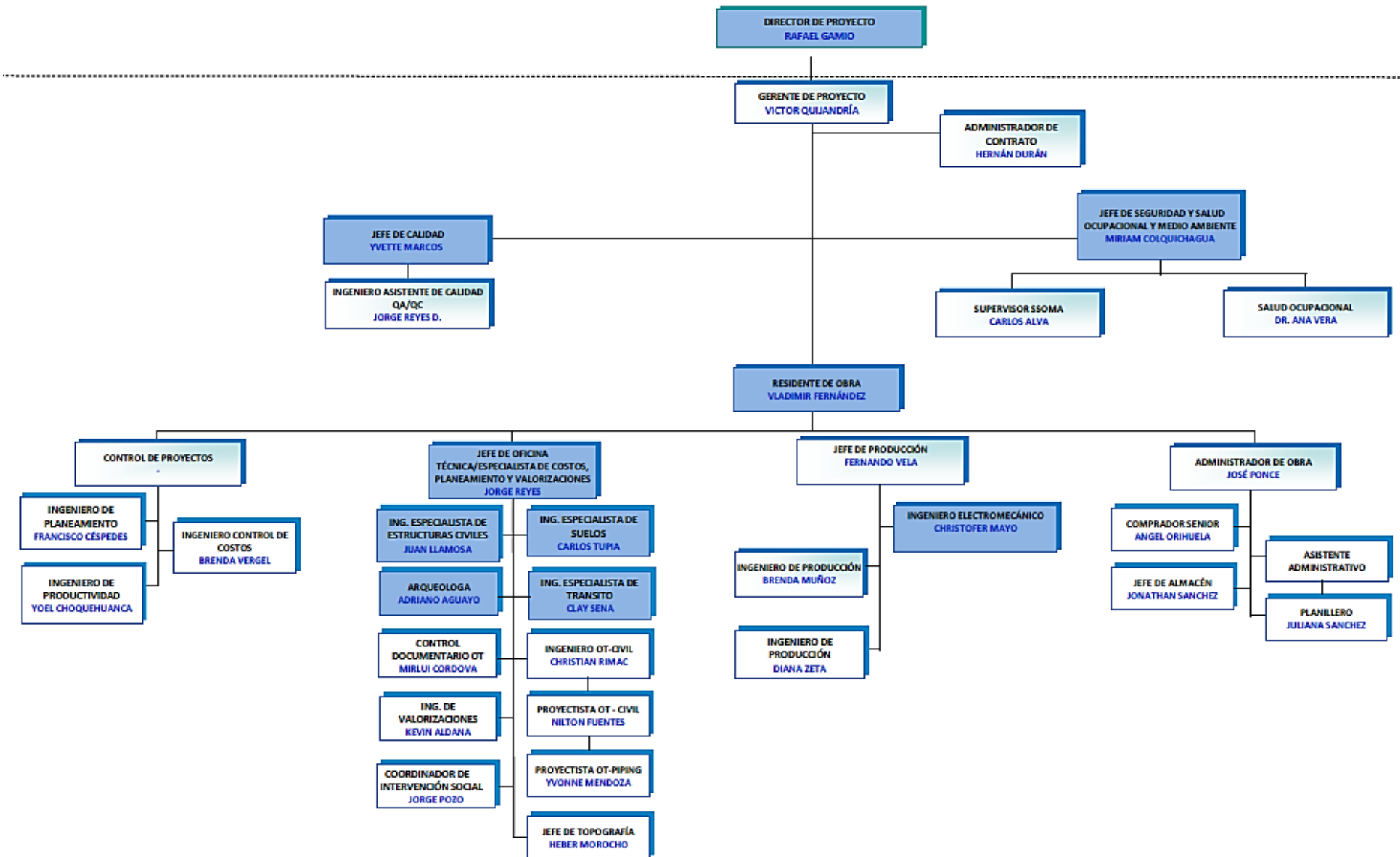
- Ministerio de Vivienda Construcción y Saneamiento (2010). Pavimentos Urbanos – Reglamento Nacional de Edificaciones (Norma Técnica No. CE.010). <https://www.gob.pe/institucion/munisantamariadelmar/informes-publicaciones/2619679-ce-010-pavimentos-urbanos-ds-n-010-2010>
- Moreno, J. (2023, 2 de Septiembre). *Inspección de Cámara de Alcantarillado: Una Etapa Esencial para el Mantenimiento de su Red. Inspección Alcantarillado*. AGM TEC. <https://www.camaras-inspeccion.com/blog/inspeccion-de-camara-de-alcantarillado/>
- Muñoz, B. (2023). *Derivación provisional de tubería para continuidad del servicio de alcantarillado de colector primario en la ciudad de Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Repositorio UNFV. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/7999>
- Pérez, J., Moreno, A., Cabello, J. y López, A. (2024). Efecto de los aditivos impermeabilizantes por cristalización en la durabilidad del concreto. *Comunicaciones*, 1 (844), ISSN 0188-7297. https://www.researchgate.net/publication/389785629_Efecto_de_los_aditivos_impormeabilizantes_por_cristalizacion_en_la_durabilidad_del_concreto
- Reyes, A. (2021). *Propuesta de gestión para la detección de fallas en colectores de aguas residuales del distrito de San Juan de Lurigancho*. [Tesis de pregrado, Universidad de Ingeniería y Tecnología]. Repositorio UTEC. <https://hdl.handle.net/20.500.12815/259>
- Rodrigues de Carvalho, R. (2007). *Obras de desagüe urbanas – Pipe Jacking vs Zanja Abierta*. [Tesis de pregrado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. Repositorio Académico UPC. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/273577>

- Rodriguez, S., Molano, C. y Vargas, I. (2016). *Matriz cuantitativa de selección de tecnología trenchless para procesos de construcción de alcantarillado en Colombia*. [Tesis de pregrado, Universidad Católica de Colombia]. Repositorio Institucional Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/14002/4/TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Ruiz, A. (2022). *Diseño e instalación del sistema tunnel liner para la rehabilitación de los colectores primarios Canto Grande y La Huayrona pertenecientes a SEDAPAL, distrito de San Juan de Lurigancho, Lima – Lima*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada del Norte]. Repositorio UPN. <https://hdl.handle.net/11537/30717>
- Vásquez, R. (2019). *Gestión de la calidad en el control de obras de alcantarillado sanitario y su impacto en el éxito de la construcción e instalación de redes de alcantarillado sector I distrito La Esperanza – Trujillo*. [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. Repositorio UPAO. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/4769>
- Vélez, L. (2010). Permeabilidad y Porosidad en Concreto. *Tecno Lógicas*, 1(25), 169-187. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5062984.pdf>
- Wang, Y., Li, L., An, M., Sun, Y., Yu, Z. y Huang, H. (2022). Factors Influencing the Capillary Water Absorption Characteristics of Concrete and Their Relationship to Pore Structure. *Applied Sciences*, 12(4), p. 2211. <https://doi.org/10.3390/app12042211>

Anexos

Anexo 1: Organigrama del proyecto.....	1
Anexo 2: Programa de implementación del Sistema de Gestión de Calidad en el proyecto.....	3
Anexo 3: Log de procedimientos constructivos del proyecto	9
Anexo 4: Plan de calibración de equipos IME	14
Anexo 5: Plan de acción de auditoría interna	17
Anexo 6: Formato de encuesta de satisfacción del cliente	21
Anexo 7: Work Breakdown Structure (WBS)	23
Anexo 8: Plan de Puntos de Inspección del Sistema Liner	26
Anexo 9: Procedimiento constructivo de la instalación de túnel liner vertical y horizontal.....	28

Anexo 1: Organigrama del proyecto



Anexo 2: Programa de implementación del Sistema de Gestión de Calidad en el proyecto

Anexo 3: Log de procedimientos constructivos del proyecto



Log de Procedimientos

Código: PG-CAL-05-F7

Revisión: 01

N° Registro: 07

PROYECTO:

ONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL - SAN JUAN DE LURIGANCHI

CR:

30970

Lista de Procedimientos del Proyecto

ITEM	Código	DESCRIPCION	Rev.	Fecha de Presentación	Fecha de Devolución	Estado	Documentos Ref.		DISCIPLINA
							CARTA COSAPI	CARTA SUPERVISIÓN	
1	30970-PC-TOP-01	Procedimiento para trabajos de trazo y replanteo	0	10/09/2020	24/09/2020	OBSERVADO	3097-CAR-C02-2020-029	Carta N° 137.2020 320.001. HC&A	MOV.
			1	23/10/2020	12/11/2020	APROBADO	30970-CAR-C02-2020-103	Carta N° 243.2020 320.001. HC&A	
2	30970-PC-ICA-01	Procedimiento para Identificación de Interferencias mediante Piques y Calicatas	0	10/09/2020	24/09/2020	OBSERVADO	3097-CAR-C02-2020-029	Carta N° 137.2020 320.001. HC&A	MOV.
			1	23/10/2020	12/11/2020	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2020-103	Carta N° 243.2020 320.001. HC&A	
			2	18/11/2020	30/11/2020	APROBADO	30970-CAR-C02-2020-148	Carta N° 279.2020 320.001. HC&A	
3	30970-PC-ITE-01	Procedimiento para la instalación de facilidades temporales	0	10/09/2020	24/09/2020	OBSERVADO	3097-CAR-C02-2020-029	Carta N° 137.2020 320.001. HC&A	MOV.
			1	23/10/2020	12/11/2020	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2020-103	Carta N° 243.2020 320.001. HC&A	
			2	18/11/2020	30/11/2020	APROBADO	30970-CAR-C02-2020-148	Carta N° 279.2020 320.001. HC&A	
4	30970-PC-LIN-01	Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	0	10/09/2020	24/09/2020	OBSERVADO	3097-CAR-C02-2020-029	Carta N° 137.2020 320.001. HC&A	LINER
			1	23/10/2020	12/11/2020	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2020-103	Carta N° 243.2020 320.001. HC&A	
			2	18/11/2020	30/11/2020	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2020-148	Carta N° 279.2020 320.001. HC&A	
			3	10/12/2020	17/12/2020	APROBADO	30970-CAR-C02-2020-184	Carta N° 309.2020 320.001. HC&A	
			4	14/01/2021	19/01/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-029	Carta N° 038.2021.320.001.HC&A	
			5	8/03/2021	14/03/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-141	Carta N° 208.2021.320.001.HC&A	

ITEM	Código	DESCRIPCION	Rev.	Fecha de Presentación	Fecha de Devolución	Estado	Documentos Ref.		DISCIPLINA
							CARTA COSAPI	CARTA SUPERVISIÓN	
5	30970-PC-CIS-01	Procedimiento constructivo de la Cisterna de Bombeo CIS-01	0	10/09/2020	24/09/2020	APROBADO	3097-CAR-C02-2020-029	Carta N° 137.2020.320.001. HC&A	CON
			1	3/05/2021	10/05/2021	OBSERVADO	3097-CAR-C02-2021-245	Carta N° 310.2021.320.001. HC&A	
			2	14/05/2021	24/05/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-273	Carta N° 346.2021.320.001.HC&A	
			3	25/05/2021	28/05/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-303	Carta N° 425.2021.320.001.HC&A	
			4	29/05/2021	8/07/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-308	Carta N° 440.2021.320.001.HC&A	
6	30970-PC-SAN-02	Procedimiento para la reubicación de Agua Potable de PVC 6	0	7/10/2020	13/10/2020	APROBADO	30970-CAR-C02-2020-084	Carta N° 185.2020.320.001. HC&A	TUB
7	30970-PC-ESM-01	Procedimiento para la instalación de la estructura de sostenimiento	0	9/11/2020	30/11/2020	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2020-134	Carta N° 278.2020.320.001. HC&A	MET
			1	15/12/2020	17/12/2020	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2020-195	Carta N°306.2020.320.001.HC&A	
			2	24/12/2020	24/12/2020	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2020-212	Carta N°331.2020.320.001.HC&A	
			3	12/01/2021	14/01/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-026	Carta N°026.2021.320.001.HC&A	
8	30970-PC-EXC-01	Procedimiento para la Excavación, Acarreo y Eliminación de Material	0	12/09/2024	20/09/2020	APROBADO	3097-CAR-C02-2020-032	Carta N° 151.2020.320.001. HC&A	MOV.
9	30970-PC-CSB-01	Procedimiento para la Construcción del Sistema de Bombeo: Equipos e instalación de bombeo	0	30/10/2020	7/11/2020	APROBADO	3097-CAR-C02-2020-032	Carta N° 228.2020.320.001. HC&A	BOMB
10	30970-PC-CIV-05	Procedimiento para la Construcción de Cámaras de Derivación CD-01, CD-02 y CD-03	0	10/05/2021	15/05/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-258	Carta N° 317.2021.320.001.HC&A	CON
			1	18/05/2021	20/05/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-281	Carta N° 342.2021.320.001.HC&A	
			2	10/06/2021	16/05/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-335	Carta N° 393.2021.320.001.HC&A	
11	30970-PC-CIV-06	Procedimiento para la Construcción de Buzones BZP-01, BZP-02 y BZP-03	0	10/05/2021	15/05/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-258	Carta N° 317.2021.320.001.HC&A	CON
			1	14/05/2021	18/05/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-269	Carta N° 332.2021.320.001.HC&A	
			2	10/06/2021	15/06/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-336	Carta N° 394.2021.320.001.HC&A	

ITEM	Código	DESCRIPCION	Rev.	Fecha de Presentación	Fecha de Devolución	Estado	Documentos Ref.		DISCIPLINA
							CARTA COSAPI	CARTA SUPERVISIÓN	
12	30970-PC-ESM-02	Procedimiento para la fabricación, instalación y montaje de la estructura de sostenimiento	0	22/12/2020	12/01/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2020-207	Carta N° 023.2021 320.001. HC&A	MET
13	30970-PC-AAC-01	Procedimiento para la instalación del Sistema de Ventilación	0	15/02/2021	17/02/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-094	Carta N° 113.2021 320.001. HC&A	MEC
			0	5/03/2021	13/03/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-136	Carta N° 183.2021 320.001. HC&A	
14	30970-PC-ILU-01	Procedimiento para la instalación del sistema de Iluminación	0	27/02/2021	5/03/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-119	Carta N° 158.2021 320.001. HC&A	LINER
15	30970-PC-CIV-01	Procedimiento para la instalación de rieles en túnel Liner	0	9/03/2021	12/03/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-145	Carta N° 180.2021 320.001. HC&A	LINER
			1	22/03/2021	25/03/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-178	Carta N° 219.2021 320.001. HC&A	
16	30970-PC-EXC-02	Procedimiento de excavación para zanja abierta con entibados	0	12/03/2021	31/03/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-158	Carta N° 235.2021 320.001. HC&A	MOV.
17	30970-PC-ESM-03	Procedimiento de instalación de cables de acero para sostenimiento de banco ducto de concreto	0	10/03/2021	30/03/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-152	Carta N° 229.2021 320.001. HC&A	MET
18	30970-PC-CIV-02	Procedimiento para la Construcción del Portal de Entrada	0	19/03/2021	25/03/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-176	Carta N° 218.2021 320.001. HC&A	CON
19	30970-PC-CIV-03	Procedimiento para la Construcción de Cámara de Carga y Vertedero	0	25/03/2021	19/04/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-189	Carta N° 266.2021 320.001. HC&A	CON
			1	18/05/2021	19/05/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-283	Carta N° 291.2021 320.001. HC&A	
20	30970-PC-CIV-04	Procedimiento para el Abandono de Tuberías	0	10/04/2021	13/04/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-217	Carta N° 255.2021 320.001. HC&A	CON
21	30970-PC-TUB-02	Procedimiento para la Instalación de tuberías HDPE de 1600 y 630 mm	0	20/04/2021	23/04/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-228	Carta N° 280.2021 320.001. HC&A	TUB
			1	3/05/2021	4/05/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-250	Carta N° 305.2021 320.001. HC&A	
			2	5/05/2021	5/05/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-257	Carta N° 309.2021 320.001. HC&A	
22	30970-PC-IMP-01	Procedimiento de Impermeabilización	0	18/06/2021	21/06/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-348	Carta N° 408.2021 320.001. HC&A	CON
23	30970-PC-CIV-07	Procedimiento de Reparación para Muros de Concreto	0	2/06/2021	5/06/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-316	372.2021.320.001.HC&A	CON
			1	24/06/2021	7/07/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-358	434.2021.320.001.HC&A	
			2	24/07/2021	12/08/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-419	532.2021.320.001.HC&A	
24	30970-PC-CIV-08	Procedimiento para la Construcción de la Cámara CDE-01	0	10/04/2021	13/04/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-217	Carta N° 255.2021 320.001. HC&A	CON

ITEM	Código	DESCRIPCION	Rev.	Fecha de Presentación	Fecha de Devolución	Estado	Documentos Ref.		DISCIPLINA
							CARTA COSAPI	CARTA SUPERVISIÓN	
25	30970-PC-TUB-03	Procedimiento de Instalación de Tubería de HDPE de 1000mm para la Línea de Conducción del Nuevo Sistema de Bombeo	0	17/06/2021	21/06/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-345	405.2021.320.001.HC&A	TUB
			1	2/07/2021	7/07/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-375	433.2021.320.001.HC&A	
26	30970-PC-MTV-01	Procedimiento para Conformación de Rellenos en Cámaras y Buzones	0	12/08/2021	14/08/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-440	536.2021.320.001.HC&A	MTV
28	30970-PC-TUB-04	Procedimiento de Instalación de Tuberías DN 14"-18" para las Líneas de Impulsión en Cámara de Carga	0	21/09/2021	21/09/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-493	610.2021.320.001.HC&A	TUB
			1	18/11/2021	24/11/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-588	756.2021.320.001.HC&A	
29	30970-PC-TUB-05	Procedimiento de Instalación de Líneas de Impulsión del Nuevo Sistema de Bombeo	0	30/09/2021	30/09/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-506	622.2021.320.001.HC&A	TUB
			1	24/11/2021	29/11/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-607	768.2021.320.001.HC&A	
			2	3/12/2021	7/12/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-632	791.2021.320.001.HC&A	
30	30970-PC-MEC-01	Procedimiento de Instalación y Puesta en Marcha del Sistema de Control de Olores	0	18/11/2021	29/11/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-587	767.2021.320.001.HC&A	MEC
31	30970-PC-EXC-03	Procedimiento de Mejoramiento de Terreno a Nivel de Sub Rasante	0	3/11/2021	6/11/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-553	707.2021.320.001.HC&A	EXC
			1	10/11/2021	13/11/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-569	731.2021.320.001.HC&A	
32	30970-PC-PAV-02	Procedimiento de Reposición de Veredas y Sardineles	0	3/11/2021	6/11/2021	OBSERVADO	30970-CAR-C02-2021-553	707.2021.320.001.HC&A	PAV
			1	18/11/2021	22/11/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-593	746.2021.320.001.HC&A	PAV
33	30970-PC-PAV-01	Procedimiento de Reposición de Pavimentos	0	12/11/2021	19/11/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-571	746.2021.320.001.HC&A	PAV
34	30970-PC-RAV-01	Procedimiento de Reposición de Áreas Verdes	0	15/11/2021	23/11/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-574	753.2021.320.001.HC&A	RAV
35	30970-PC-CIV-09	Procedimiento de Reforzamiento de Cámara CD-02	0	20/12/2021	21/12/2021	APROBADO	30970-CAR-C02-2021-672	823.2021.320.001.HC&A	CIV

Anexo 4: Plan de calibración de equipos IME



PLAN DE CALIBRACIÓN

FL-IME-01-B

N° Registro: 01

Revisión: 04

EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

ITEM	MARCA	MODELO	SERIE	DESCRIPCION	N° CERTIFICADO	FECHA DE CALIBRACION	FRECUENCIA	VENCIMIENTO	AÑO	OBSERVACIONES
Topográficos										
1	TOPCON	TPL 4G	VD3169	NIVEL LASER	021-255/21	20/01/2021	12 MESES	20/01/2022	2021	CALIBRADO
2	PENTAX	AFL-321	888172	NIVEL AUTOMÁTICO	21-0414	21/07/2021	6 MESES	17/01/2022	2021	CALIBRADO
3	PENTAX	AFL-321	888040	NIVEL AUTOMÁTICO	21-0185	17/03/2021	6 MESES	13/09/2021	2021	CALIBRADO
4	TRIMBLE	S5 2" DR PLUS	36910543	ESTACIÓN TOTAL	21-0420	23/07/2021	6 MESES	19/01/2022	2021	CALIBRADO
5	TRIMBLE	S5 2" DR PLUS	36910264	ESTACIÓN TOTAL	21-0033	20/01/2021	6 MESES	19/07/2021	2021	CALIBRADO
Torquímetro										
6	STANLEY	13-571	S270728	TORQUÍMETRO	CFU-210-2020	10/09/2020	6 MESES	9/03/2021	2020	CALIBRADO
7	TRUPER	TORQ-3/4	No Indica	TORQUÍMETRO	CFU-308-2020	16/12/2020	6 MESES	14/06/2021	2020	CALIBRADO
8	CDI TORQUE	2503MFRM H	1.219E+09	TORQUÍMETRO	CFU-207-2021	6/08/2021	6 MESES	2/02/2022	2020	CALIBRADO
9	CDI TORQUE	2503MFRM H	0220122041	TORQUÍMETRO	CFU-206-2021	6/08/2021	6 MESES	2/02/2022	2020	CALIBRADO
Equipo de Electrofundición										
10	HURNER	HST 300 PRICON	20250430	MÁQUINA PARA SOLDADURA POR ELECTROFUSIÓN	LE-110301-2021	11/03/2021	6 MESES	7/09/2021	2021	CALIBRADO
Manómetro										
11	TESS	No Indica	No Indica	MANÓMETRO DE DEFORMACIÓN ELÁSTICA	CPU-572-2021	13/05/2021	12 MESES	8/05/2022	2021	CALIBRADO
Equipo de Termofusión										
12	No Indica	No Indica	No Indica	PLATO CALEFACTOR	LT-510-2021	30/04/2021	6 MESES	27/10/2021	2021	CALIBRADO
	SOLE	XMTK-9000	No Indica	CONTROLADOR DIGITAL						
13	No Indica	No Indica	200817046	MANÓMETRO DE DEFORMACIÓN ELÁSTICA	LP-766-2021	5/04/2021	6 MESES	2/10/2021	2021	CALIBRADO
14	ROTHENBERGER	53403	1307353-1.1	PLATO CALEFACTOR	246-CLT-2021	26/07/2021	6 MESES	22/01/2022	2021	CALIBRADO
	AUTONICS	TCN4S	No Indica	CONTROLADO DE TEMPERATURA						
15	ROTHENBERGER	No Indica	5.431E+09	MANÓMETRO DE DEFORMACIÓN ELÁSTICA	0952-CFP-2021	26/07/2021	6 MESES	22/01/2022	2021	CALIBRADO

Equipos de Laboratorio										
16	TCV	DIGITAL CALIPER	2.019E+09	CALIBRADOR DIGITAL	2021102003	5/07/2021	12 MESES	30/06/2022	2021	CALIBRADO
17	TCV EQUIPOS	50 mm	1	MOLDE PARA TESTIGO CÚBICOS DE 50 mm	2020113004	12/12/2020	12 MESES	7/12/2021	2020	CALIBRADO
18	TCV EQUIPOS	50 mm	2	MOLDE PARA TESTIGO CÚBICOS DE 50 mm	2020113005	12/12/2020	12 MESES	7/12/2021	2020	CALIBRADO
19	TCV EQUIPOS	50 mm	3	MOLDE PARA TESTIGO CÚBICOS DE 50 mm	2020113006	12/12/2020	12 MESES	7/12/2021	2020	CALIBRADO
20	TCV EQUIPOS	50 mm	4	MOLDE PARA TESTIGO CÚBICOS DE 50 mm	2020113007	12/12/2020	12 MESES	7/12/2021	2020	CALIBRADO
21	TCV EQUIPOS	50 mm	5	MOLDE PARA TESTIGO CÚBICOS DE 50 mm	2020113008	12/12/2020	12 MESES	7/12/2021	2020	CALIBRADO
22	TCV EQUIPOS	50 mm	66	MOLDE PARA TESTIGO CÚBICOS DE 50 mm	2020113009	12/12/2020	12 MESES	7/12/2021	2020	CALIBRADO
23	RAY-SCALE	No Indica	2.02E+09	BALANZA 30 kg	2021201029	30/06/2021	12 MESES	25/06/2022	2020	CALIBRADO
24	ORION	No Indica	13121183	MÁQUINA DE ENSAYO UNIAXIAL	2020402008	17/12/2020	12 MESES	12/12/2021	2020	CALIBRADO
25	TCV	SP-01	2.02E+09	MEDIDOR DE HUMEDAD DE SUELOS - SPEDDY	2020502030	10/12/2020	12 MESES	5/12/2021	2020	CALIBRADO
26	TECNICAS CP	Ø 6.5 pulg.	2381	EQUIPO DE DENSIDAD CONO DE ARENA	2021103004	19/01/2021	12 MESES	14/01/2022	2021	CALIBRADO
27	ARSOUGROUP	Ø 8"	034O19	TAMIZ PARA ENSAYO DE GRANULOMETRÍA N° 20 - 850 um	2021101006	19/01/2021	12 MESES	14/01/2022	2021	CALIBRADO
28	ARSOUGROUP	Ø 8"	001L20	TAMIZ PARA ENSAYO DE GRANULOMETRÍA N° 10 - 2.00 mm	2021101005	19/01/2021	12 MESES	14/01/2022	2021	CALIBRADO
29	DIGITAL SCALE	No Indica	2.019E+09	BALANZA 500 g	2020201052	8/12/2020	12 MESES	3/12/2021	2021	CALIBRADO
30	EUROTECH	TBT-10H	2.02E+09	TERMÓMETRO DIGITAL	2021302002	19/02/2021	12 MESES	14/02/2022	2021	CALIBRADO
31	EUROTECH	TBT-10H	2.02E+09	TERMÓMETRO DIGITAL	2021302002	19/02/2021	12 MESES	14/02/2022	2021	CALIBRADO
32	HUMBOLDT	Ø 8"	226301	TAMIZ PARA ENSAYO DE GRANULOMETRÍA N° 4 - 4.75 mm	2021101144	11/08/2021	12 MESES	6/08/2022	2021	CALIBRADO
33	FORNEY	Ø 8"	10BS8F483815	TAMIZ PARA ENSAYO DE GRANULOMETRÍA N° 10	2021101145	11/08/2021	12 MESES	6/08/2022	2021	CALIBRADO
34	INDUSTRIA COLOMBIA	Ø 8"	20BS8F485181	TAMIZ PARA ENSAYO DE GRANULOMETRÍA N° 20	2021101146	11/08/2021	12 MESES	6/08/2022	2021	CALIBRADO
35	FORNEY	Ø 8"	BS8F500961	TAMIZ PARA ENSAYO DE GRANULOMETRÍA 3/4" - 19.00 mm	2021101143	11/08/2021	12 MESES	6/08/2022	2021	CALIBRADO
36	GRAN TEST	Ø 8"	79870	TAMIZ PARA ENSAYO DE GRANULOMETRÍA 3/4" - 19.00 mm	2021101141	11/08/2021	12 MESES	6/08/2022	2021	CALIBRADO
37	GRAN TEST	Ø 8"	79959	TAMIZ PARA ENSAYO DE GRANULOMETRÍA N° 4 - 4.75 mm	2021101142	11/08/2021	12 MESES	6/08/2022	2021	CALIBRADO
38	NO INDICA	Ø 6.5"	2.02E+09	EQUIPO DE DENSIDAD CONO DE ARENA	2021103023	11/08/2021	12 MESES	6/08/2022	2021	CALIBRADO
39	RAY-SCALE	TCV151	2.02E+09	BALANZA 15 kg	2021201037	9/08/2021	12 MESES	4/08/2022	2021	CALIBRADO
40	ARSOUGROUP	No Indica	No indica	MEDIDOR DE HUMEDAD DE SUELOS - SPEDDY	2021502023	2/08/2021	12 MESES	28/07/2022	2020	CALIBRADO
41	POCKET SCALE	MH-500	No indica	BALANZA 500 g	2021201041	17/08/2021	12 MESES	12/08/2022	2021	CALIBRADO
42	CPN	MC-3	M390204807	DENSÍMETRO NUCLEAR PORTÁTIL	2021201041	9/08/2021	12 MESES	4/08/2022	2021	CALIBRADO
43	OHAUS	V11P15T	30910741	BALANZA 15 kg	2021201038	11/08/2021	12 MESES	6/08/2022	2021	CALIBRADO

Anexo 5: Plan de acción de auditoría interna



PLAN DE ACCIÓN

Código:
PG-SG-03-
Revisión:
N° de

Unidad / Área / Proyecto:		Proyecto: "Construcción de Solución definitiva en la Estación Pirámides del Sol - SJL"					TIPO	AUDITORÍA INTERNA		
CR:		CR3097					Fecha de actualización:	15/05/2021		
ID	DESCRIPCIÓN DE HALLAZGOS	ÁREA	TIPO DE HALLAZGO	ACCIONES A TOMAR	RESPONSABLE (Nombre)	FECHA PROGRAMADA	FECHA DE LEVANTAMIENTO	STATUS	COMENTARIOS	
1	NC 01: Se evidenció que de acuerdo a la condiciones del contrato; el proyecto aplica la fórmula de reajuste en las ventas. Sin embargo, la proyección de estos reajustes en el Resultado Operativo no está alineada al procedimiento PG-COS-VPU, la misma que especifica: "la previsión del saldo de Obra se proyecta con el último coeficiente conocido.", considerándose un incumplimiento. Los riesgos aplicables a este cambio deben ser evaluados e incluidos dentro de la matriz de riesgos del proyecto. Req. 4.4 ISO 9001:2015	Costos	No Conformidad	Se verifico el procedimiento PG-COS-VPU en conjunto con sede central, el cual se coordino que se realizará la proyección del reajuste indicado en el RO de Mayo 2021, el detalle del coeficiente se revisará con sede central, antes de la presentación del RO	Brenda Vergel	7/06/2021	15/06/2021	Cerrado	Se proyectó en el RO de mayo la venta por reajuste con el último coeficiente conocido, la No conformidad se levantó en el RO de Mayo 2021 enviado a Sede Central	
2	NC 02: Se pudo evidenciar constante comunicación con los miembros del subcomité de SST, sin embargo, no se cuenta con evidencia de la entrega de una copia del acta de las reuniones a los miembros del Subcomité de SST, incumpliendo el art. 71 D.S 005-2012-TR. Req. 6.1.3 ISO 45001:2018.	SSOMA	No Conformidad	Se entrego copia de actas de reunión a los miembros del subcomité en reunión correspondiente al mes de MAYO. Se redacto en acta de reunión esta entrega	Miriam Colquichagua	22/05/2021	22/05/2021	Cerrado	Se acordó que entregas posteriores serán a través de grupo de whats App de Sub comité del proyecto.	
3	NC 03: En las oficinas del proyecto se pudo evidenciar que las sillas que usa el personal no permite ajustar la altura, tiene 4 ruedas y no tiene respaldar regulable, incumpliendo el ítem 17 de la RM 375-2008 –que indica: (b) La altura del asiento de la silla debe ser regulable (adaptable a las distintas tipologías físicas de las personas); (c) En trabajos administrativos, la silla debe tener al menos 5 ruedas para proporcionar una estabilidad adecuada. Req. 6.1.3 ISO 45001:2018.	SSOMA	No Conformidad	Se realizo la orden para la compra de sillas requeridas y el cambio de realizará de forma progresiva.	José Ponce	6/06/2021	6/06/2021	Cerrado	Se emitió la orden de compra y se recepción la primera entrega de las sillas ergonómicas con 5 ruedas	
4	OM 01: Se evidencia el programa de capacitación para brigadistas (5 capacitaciones de primeros auxilios y 1 manejo de derrame), sin embargo considerar la inclusión de temas como evacuación y rescate, manejo de extintores, lucha contra incendio y para el Subcomité de SST el curso de primeros auxilios.	SSOMA	Oportunidad de Mejora	En programa de Capacitaciones para brigadistas se agrego temas como evacuación y rescate, así como manejo de extintores y lucha contra incendio. Y para el Subcomité SST se agregó tema de primeros auxilios.	Miriam Colquichagua	28/05/2021	28/05/2021	Cerrado	En auditoría se evidencio que brigadas, ya llevo cursos de evacuación, rescate, manejo de extintores y lucha contra incendio en más de 01 oportunidad.	
5	OM 02: Se evidencia la identificación de aspectos e impactos ambientales, sin embargo considerar la identificación de posibles riesgos y oportunidades relacionados con los aspectos ambientales.	SSOMA	Oportunidad de Mejora	Se revisó Matriz de Aspectos e Impactos Ambientales considerando posibles riesgos y oportunidades relacionados a los aspectos ambientales.	Loyer Muñoz	28/05/2021	28/05/2021	Cerrado	Se identifico un aspecto, pero dependerá de las coordinaciones con el cliente.	
6	OM 03: Se ha implementado la matriz de comunicación de SSOMA, sin embargo el proyecto debería considerar la conveniencia de revisar los canales de comunicación (colocar canales de comunicación específicos para el proyecto), como por ejemplo, para la comunicación del desempeño del proyecto indican que lo realizarán mediante la revista.	SSOMA	Oportunidad de Mejora	Se reviso la Matriz de Comunicaciones el 28.05.2021, considerando los medios y canales que el proyecto cuenta.	Miriam Colquichagua	28/05/2021	28/05/2021	Cerrado	-	

ID	DESCRIPCIÓN DE HALLAZGOS	ÁREA	TIPO DE HALLAZGO	ACCIONES A TOMAR	RESPONSABLE (Nombre)	FECHA PROGRAMADA	FECHA DE LEVANTAMIENTO	STATUS	COMENTARIOS
7	OM 04: En el proyecto se están desarrollando procesos singulares, tales como la electrofusión de tubería de HDPE de 1600 mm, Túnel liners, etc. Estos deben ser registrados en la plantilla de "procedimientos constructivos detallados" al término de cada actividad para tener un registro completo y no esperar al cierre del proyecto.	Producción	Oportunidad de Mejora	Se solicitará a sede el formato de "Procedimiento constructivos detallados", para registrar todo el proceso realizado por cada actividad, al término del proceso constructivo.	Brenda Muñoz	30/08/2021	2/09/2021	Cerrado	-
8	OM 05: Se pudo evidenciar como parte de las funciones del subcomité de SST la aprobación de los documentos de gestión SSOMA para el 2021, entre ellos, el Plan SSOMA, Plan anual, Plan de respuesta a emergencia, entre otros, se debería considerar detallar los anexos aprobados junto con el plan de SSOMA, debido que una de las funciones del subcomité es revisar y aprobar el programa de capacitación, sin embargo la aprobación de este no está especificada en el acta de reunión.	SSOMA	Oportunidad de Mejora	Se reviso Programa de Capacitaciones en reunión de Subcomité realizado el día 22 de mayo, aprobando el mismo.	Sub Comité SST	22/05/2021	22/05/2021	Cerrado	-
9	OM 06: El Proyecto elaboró la Matriz de partes interesadas, sin embargo, no se pudo evidenciar su difusión a todos los integrantes del Proyecto.	Calidad	Oportunidad de Mejora	Se programa la difusión de la matriz de parte interesadas a todo el equipo del proyecto	Yvette Marcos	5/06/2021	12/07/2021	Cerrado	-
10	OM 07: Se debe actualizar el cierre documentario de 4 no conformidades y registrar la información de los costos asociados al levantamiento de cada No Conformidad.	Calidad	Oportunidad de Mejora	Se revisara cada no conformidad y se actualizará de acuerdo a los costos asociados	Yvette Marcos	7/06/2021	28/05/2021	Cerrado	Se adjunta log de no conformidades con sus respectivos costos de No Calidad
11	OM 08: Se evidenció que se tiene control de los certificados de calidad de los materiales, sin embargo, considerar la implementación del Log de certificados de calidad para tener un mayor control y trazabilidad de los mismos.	Calidad	Oportunidad de Mejora	Se coordino con sede central, el formato a utilizar en el proyecto	Yvette Marcos	28/05/2021	26/05/2021	Cerrado	De acuerdo con el formato enviado, se ingreso todos los certificados de calidad al formato, el cual será actualizado de forma continua
12	OM 09: La lista maestra elaborada para el proyecto debe actualizarse, se evidenció que este documento fue actualizado en el periodo del 2020.	Calidad	Oportunidad de Mejora	Se actualizará la lista maestra para el periodo del 2021	Yvette Marcos	5/06/2021	18/06/2021	Cerrado	-
13	OM 10: Se tienen identificados los documentos de origen externos usados para el desarrollo del proyecto (normas, manuales, etc.), sin embargo, debería generarse la Lista de documentos externos del proyecto para tener un control de estos.	Calidad	Oportunidad de Mejora	Se realizará la Lista de documentos externos, de acuerdo a la información que se tiene en el servidor como normas y manuales.	Yvette Marcos	11/06/2021	18/06/2021	Cerrado	Se adjunta log de lista de documentos externos
14	OM 11: Especificar a mayor detalle la descripción de los temas a tratar en el programa de capacitación mensual de calidad, con el fin de tener la trazabilidad de estos con los registros de capacitación.	Calidad	Oportunidad de Mejora	Se realizará el programa de capacitación de forma mensual, el cual incluirá a mayor detalle de los temas a tratar.	Yvette Marcos	4/06/2021	25/05/2021	Cerrado	Se realizó el programa de capacitación del mes de Junio, el cual consta con los temas a tratar para el presente mes.
15	OM 12: El proyecto presentó la propuesta del Índice del Dossier de Calidad al Cliente, pero aún no se tiene respuesta. Es importante que este documento sea formalizado para tener definida la estructura del Dossier a presentar, e ir armando la documentación con el fin de realizar entregas parciales.	Calidad	Oportunidad de Mejora	Se enviará Índice de Dossier de Calidad a la Supervisión y al Cliente para su aprobación	Yvette Marcos	30/08/2021	30/08/2021	Cerrado	-
16	OM 13: Aunque los mayores metrados solo requieren ser aprobados por Sedapal, los adicionales, tal como el reconocimiento de los costos COVID, pasan por la aprobación de la Supervisión, de SEDAPAL, del Ajustador (ChT) y de MAPFRE. En tal sentido, debe revisarse el costo de los trabajos ejecutados no aprobados, que incluye los costos COVID. Es necesario que esto se actualice en el Registro de Cambios y en el RES. Asimismo, debe ser analizado el riesgo por tener trabajos ejecutados no aprobados y revisar el riesgo de no contar con algún adicional aprobado oportunamente para ser ejecutado dentro del plan de ejecución vigente, como el que podría ocurrir con el adicional de CALIDDA.	Administración Contractual	Oportunidad de Mejora	Se ha planteado un procedimiento de aprobación de adicionales a fin de que sea aprobado por el Cliente. Esto ayudará a mitigar los potenciales riesgos de trabajos ejecutados sin aprobación. Una vez realizadas las acciones antes indicadas, se podrá reflejar de manera adecuada en el control de cambios y el RES	Victor Cruzado / Victor Quijandria	15/05/2021	15/06/2021	Cerrado	-

ID	DESCRIPCIÓN DE HALLAZGOS	ÁREA	TIPO DE HALLAZGO	ACCIONES A TOMAR	RESPONSABLE (Nombre)	FECHA PROGRAMADA	FECHA DE LEVANTAMIENTO	STATUS	COMENTARIOS
17	OM 14: El proceso de valorización hasta la cobranza está demandando un tiempo que supera los 70 días. Este debe ser evaluado en el flujo de caja del proyecto y considerar un acercamiento con los actores de este proceso para reducir los riesgos que esta demora pueda conllevar, tal como el flujo de pagos a los proveedores, entre otros.	Administración Contractual	Oportunidad de Mejora	Se ha realizado un flujograma para identificar los potenciales puntos críticos que puedan reducirse en plazo dada la existencia de 5 stakeholders involucrados en el proceso	Victor Cruzado / Victor Quijandria	22/05/2021	28/05/2021	Cerrado	-
18	OM 15: El control de los subcontratos adjudicados y sin adjudicar debe ser actualizado en el RES, en lo que respecta al costo y al número de paquetes por adjudicar.	Administración Contractual	Oportunidad de Mejora	Se ha procedido con la actualización	Victor Cruzado	21/05/2021	24/05/2021	Cerrado	-
19	OM 16: El plan de subcontratación requiere ser revisado con las áreas de producción y planificación para confirmar las fechas necesarias de inicio de la ejecución y la fecha en la que debe ser adjudicado cada subcontrato; con el área de costos para la actualización de estos; el área de procura para revisar los plazos de la licitación y revisión de las propuestas; y con el área de ingeniería de obra (oficina técnica) para confirmar la presentación de las bases y otros documentos para cada licitación.	Administración Contractual	Oportunidad de Mejora	Se realizaron reuniones conjuntas con las áreas involucradas con una periodicidad quincenal para una revisión y actualización conforme a los requerimientos del proyecto	Victor Cruzado	1/06/2021	2/06/2021	Cerrado	-
20	OM 17: Queda pendiente revisar los sustentos de la explicación de la Venta Exceso Defecto del proyecto, actualmente se genera un pasivo auxiliar muy alto que debe ser verificado y validado.	Costos	Oportunidad de Mejora	Se revisará los sustentos de la venta exceso del proyecto, el cual se verificará el pasivo auxiliar con sede central.	Brenda Vergel	25/05/2021	25/05/2021	Cerrado	Se revisó y se actualizó en conjunto con Costos - Sede Central el detalle de la Venta exceso defecto. El pasivo auxiliar disminuyó a S/854,136
21	OM 18: Gestionar el registro de asistencia a las capacitaciones virtuales realizadas respecto al Plan de Fases y Revisión del RO con el EDP y los jefes de grupo.	Costos	Oportunidad de Mejora	Organizar los registros de capacitación e ir ordenándolo en el servidor.	Brenda Vergel	17/05/2021	17/05/2021	Cerrado	El registro de asistencia se encuentra en la red de 09 Costos / 01 Plan de fases / 01. Formato interno / Capacitación
22	OM 19: La planificación y programación rítmica con líneas de balance debe ser implementada para optimizar de manera visual los trenes de trabajo y mejorar el entendimiento de la estrategia constructiva por todo el equipo de proyecto. Asimismo analizar y validar la constructibilidad durante la ejecución de los trabajos usando la metodología de planificación BIM 4D para mitigar riesgos en la calidad, seguridad, plazo y costo.	Planificación & Productividad	Oportunidad de Mejora	En el proyecto en las reuniones con el EDP y producción la metodología de planificación 4D, se seguirá complementando estas reuniones de acuerdo a lo indicado en la oportunidad de mejora.	Francisco Céspedes	4/06/2021	21/05/2021	Cerrado	Se están implementando desde el 21/05/21 en el proyecto la metodología de planificación 4D todos los viernes de 3:00 - 5:00 pm con el área de producción. Con el objetivo de optimizar las cuadrillas con ayuda de las líneas balance.
23	OM 20: Las mediciones de los flujos en campo deben ser realizadas periódicamente a través de la metodología de muestreo aleatorio (TP, TC y TNC) para que de esta manera se puedan identificar todo tipo de pérdida y tomar acciones correctivas en la planificación.	Planificación & Productividad	Oportunidad de Mejora	Se analizó las actividades mas resaltantes que se estaban realizando en el proyecto, y se realizará las mediciones de manera aleatorio	Yoel Choquehuanca	28/05/2021	18/05/2021	Cerrado	Se realizaron mediciones de los flujos en campo tomando muestras aleatorias (TP, TC, TNC) a partir del 18/05/21 al 25/05/21.
24	OM 21: Se analizó la inclusión de los indicadores de Oficina de Ing. Obra en el RES. Se tiene la disposición del proyecto de implementar estos indicadores en las siguientes semanas.	Oficina de Ingeniería de Obra	Oportunidad de Mejora	Se incluyó en el RES semanal de Obra.	Jorge Reyes	24/05/2021	24/05/2021	Cerrado	Se incluyó en el RES semanal del Proyecto, los indicadores de OT, a partir del 24/05/21.
25	OM 22 El proyecto ha realizado todas las gestiones necesarias en base a los requerimientos establecidos por la municipalidad de San Juan de Lurigancho, sin embargo los tiempos de respuesta de la municipalidad son lentas, es por ello que aún no se cuenta con la Licencia de funcionamiento de las oficinas, el proyecto debe definir el mecanismo para poder exigir que nos aprueben esta licencia.	Administración de Obra	Oportunidad de Mejora	Se estará reenviando la carta a la Municipalidad para reingreso de la solicitud, ya que la primera carta fue enviada el 20/10/21 sin tener respuesta a la fecha	José Ponce	2/06/2021	30/10/2021	Cerrado	* Nos informaron en la municipalidad que la gestión puede tardar de 15 a 30 días, se volvió a realizar la solicitud. * Se tiene la licencia de funcionamiento de las oficinas
26	OM 23: El proyecto cuenta con el Plan de Gestión de Proyecto (PGP), que fue emitido en el mes de agosto del 2020, considerar hacer una revisión para identificar que las herramientas y entregables definidas se están desarrollando.	Gerencia de Proyecto	Oportunidad de Mejora	Se programará una reunión con el EDP el día sábado 05 de Junio para revisar y actualizar los entregables del proyecto	Victor Quijandria	5/06/2021	25/07/2021	Cerrado	* Se reprograma la reunión para el día miércoles 16/06 a las 16:00 horas
27	OM 24: Pintar el marco de los escalones de la escalera que usan en el proceso de termofusión en interior de túnel liner.	SSOMA	Oportunidad de Mejora	Se pintó la escalera usado en el proceso de electrofusión para una mejor identificación	Brenda Muñoz	20/05/2021	20/05/2021	Cerrado	-
28	OM 25: Cambiar la posición del trabajador cuando realiza la abertura (rotura del sello de plástico) durante la prueba de vapor de la tubería.	SSOMA	Oportunidad de Mejora	No aplica reubicación, porque se culmino con actividad de electrofusión.	Brenda Muñoz	-	-	Cerrado	-

Anexo 6: Formato de encuesta de satisfacción del cliente



EVALUACIÓN DE LA SATISFACCIÓN DEL CLIENTE

Código: PG-CAL-01-F1

Revisión: 05

N° Registro:

Proyecto:	CR:
% Avance del Proyecto:	Página: de 2

Cliente:

Evaluador: Gerente General Gerente de Proyecto Otro: _____

Apellidos y Nombres:

Objetivo: La presente evaluación tiene por objetivo mejorar los servicios que presta COSAPI, en beneficio de nuestros Clientes. Marque con un aspa sobre el recuadro que crea Ud. refleje su opinión. Por favor responder considerando el avance del Proyecto, hasta la fecha de realización de esta encuesta.

Consideraciones:

Cada pregunta se califica entre 1 y 5 puntos, según:

Adelanto Muy Bueno	4	3	2	1	Atraso Muy Malo Poco Probable
-----------------------	---	---	---	---	-------------------------------------

1. Evaluar el nivel de satisfacción del avance (plazo) de construcción del Proyecto, ha sido:

4	3	2	1
---	---	---	---

2. Evaluar si los trabajos han cumplido las condiciones de Calidad especificadas:

Muy Bueno	4	3	2	1	Muy Malo
-----------	---	---	---	---	----------

3. Evaluar si los trabajos se han desarrollado con las medidas de seguridad necesarias:

Muy Bueno	4	3	2	1	Muy Malo
-----------	---	---	---	---	----------

4. Evaluar si los trabajos se han desarrollado empleando buenas prácticas ambientales:

Muy Bueno	4	3	2	1	Muy Malo
-----------	---	---	---	---	----------

5. Evaluar el nivel de Comunicación entre el CLIENTE y COSAPI, ha sido:

Muy Bueno	4	3	2	1	Muy Malo
-----------	---	---	---	---	----------

6. Evaluar el desempeño de las áreas de COSAPI (en caso aplique):

	Muy Bueno				Muy Malo
Dirección del Proyecto	4	3	2	1	
Gerencia del Proyecto	4	3	2	1	
Gerencia de Construcción	4	3	2	1	
Oficina Técnica	4	3	2	1	
Control de Proyectos	4	3	2	1	
Calidad	4	3	2	1	
SSOMA	4	3	2	1	
Administración	4	3	2	1	
Relaciones Comunitarias	4	3	2	1	
Otro _____	4	3	2	1	

7. Evaluar el desempeño de los equipos de construcción empleados en Obra:

	Muy Buenos				Muy Malos
Equipos de construcción	4	3	2	1	

8. Evaluar las condiciones de las Instalaciones en obra (en caso aplique):

	Muy Bueno				Muy Malo
Oficinas	4	3	2	1	
Comedor	4	3	2	1	
Almacenes	4	3	2	1	
Campamentos	4	3	2	1	
Laboratorios de pruebas y ensay	4	3	2	1	
Taller de mantenimiento de equi	4	3	2	1	
Otro: _____	4	3	2	1	

9. Evaluar el desempeño global de COSAPI en el Proyecto:

Muy Bueno	4	3	2	1	Muy Malo
-----------	---	---	---	---	----------

10. Cual es la Probabilidad de que Ud. recomiende los servicios brindados por COSAPI?

Muy Probable	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	Poco Probable
--------------	----	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---------------

11. Por favor, indicar tres (03) recomendaciones que ayuden a mejorar nuestro servicio.

- a)
- b)
- c)

* El siguiente recuadro será completado por el responsable de Calidad del Proyecto de COSAPI.

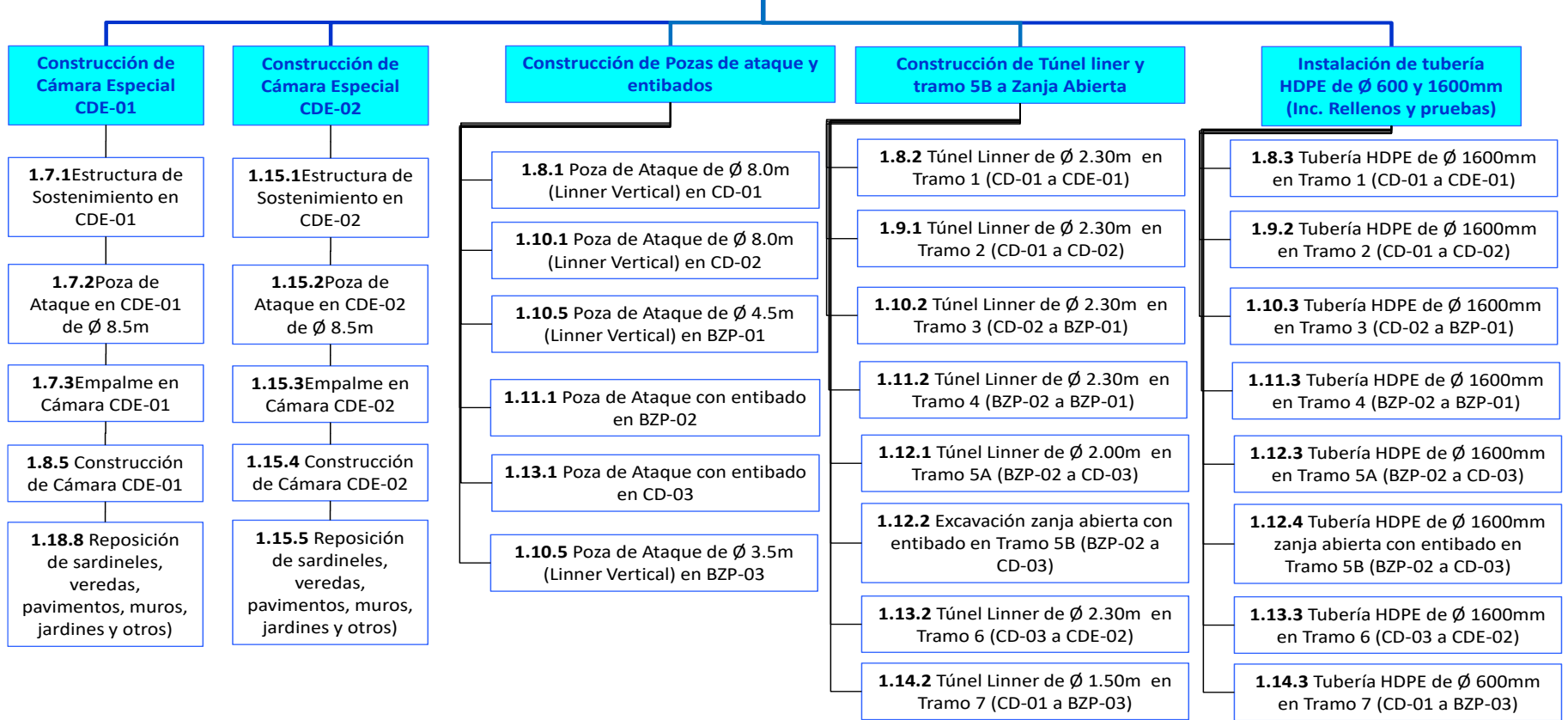
Puntaje obtenido (en porcentaje):

Por el Cliente:	
Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

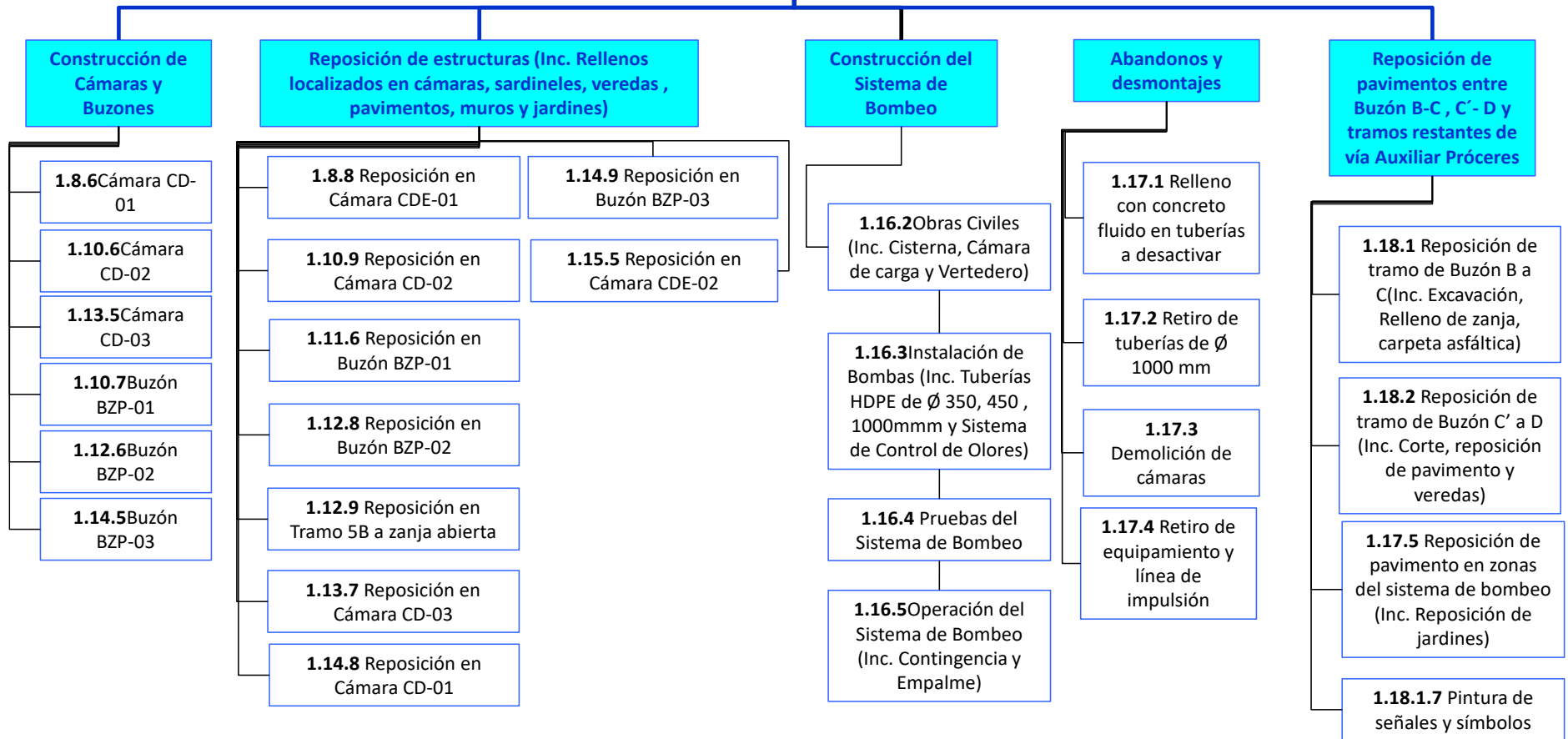
Por el Contratista:	
Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

Anexo 7: Work Breakdown Structure (WBS)

CR: 3097 "CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL- SAN JUAN DE LURIGANCHO"



CR: 3097 "CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL- SAN JUAN DE LURIGANCHO"



Anexo 8: Plan de Puntos de Inspección del Sistema Liner

COSAPI		NOMBRE DEL PROYECTO "CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL- SAN JUAN DE LURIGANCHO"							sedapal		HC&A	
Código: 30970-PPI-LIN-01		PLAN DE PUNTOS DE INSPECCIÓN (PPI)							Revisión: 0			
1.0 SISTEMA LINER												
ID	ACTIVIDAD	PUNTO DE INSPECCIÓN	CONTROL	DOCUMENTOS DE REFERENCIA	FRECUENCIA	CRITERIO DE ACEPTACION	REGISTRO DE CONTROL	NIVEL DE INSPECCIÓN		RESPONSABILIDAD		
								COSAPI S.A.	CLIENTE	EJECUCIÓN	SEGUIMIENTO	
1	PLANIFICACIÓN	Documentación del Proveedor	Revisión de certificados de fabricación de materiales	Especificaciones Técnicas Generales	Antes de la recepción	Según Memorias de Cálculo: - 319.001-CTL-00-01 - 319.001-CPL-00-01 @ 04	NA	R	R	Calidad	Calidad	
2	RECEPCIÓN DE MATERIALES	Planchas de acero corrugado	Propiedades físicas (wincha, ple de rey)	- Diseño de Túnel Liner y Pozas Liner: Doc. 319.001-CTL-00-01 - 319.001-CPL-00-01 @ 04 - ASTM A 307. Planchas Galvanizadas - ASTM A153. Tuerca Galvanizadas - Plano 319.001-SJL-TL-101-001 - Plano 319.001-SJL-TL-101-002 - Plano 319.001-SJL-TL-101-003 - ASTM A569 Standard Specification for Steel, Carbon - ASTM A563 Gr. A y B. Tuerca para uniones perimetrales y longitudinales - Plano 319.001-SJL-TL-101-0 - Norma AASHTO M 167 - ASTM A1011 Gr36-2. Material Acero Laminado en Caliente. - Doc. 319.001-CPL-00-01: cálculo de espesores de planchas de acero corrugado	En cada recepción	Basado en las Especificaciones Técnicas Específicas y documentos de referencia; según corresponda	Registro de Recepción de Materiales Estructuras Metálicas FC-ALM-01-F2	R	R	Almacén Calidad	Calidad	
		Pernos y tuercas de empalme	Propiedades físicas	- Especificación Técnica: Construcción de Túnel Liner. Doc. 319.001-CTL-00-02 - Plano 319.001-SJL-TL-101-002 - Plano 319.001-SJL-PC-103-002 - Plano 319.001-SJL-PC-102-002	5 % del total de pernos por turno	Torque permisible: 16±2 kg-m \leftrightarrow 115.73 ± 14.47 lb-ft	Registro de Control de Instalación y Torque del Túnel Liner FC-TOR-01-F1	I, M	I	Producción Calidad	Calidad	
3	CONSTRUCCIÓN DE POZA LINER	Topografía	- Trazo de sección de poza - Verticalidad	- Plano 319.001-SJL-PC-102-002 - Plano 319.001-SJL-PC-102-003 - Plano 319.001-SJL-PC-103-002	Al inicio de la construcción de poza liner Al inicio, durante y al finalizar la poza liner	Según documentos de referencia	Registro de Control topográfico FC-TOP-01-F1	R	R	Topografía	Calidad	
		Excavación manual	Estabilidad	Inspección visual	Durante la excavación manual	N.A		R	R	Topografía	Calidad	
		Empalme de planchas de acero corrugado	Torque de empalme	- Especificación Técnica: Construcción de Túnel Liner. Doc. 319.001-CTL-00-02 - Plano 319.001-SJL-TL-101-002 - Plano 319.001-SJL-PC-103-002 - Plano 319.001-SJL-PC-102-002	5 % del total de pernos por turno	Torque permisible: 16±2 kg-m \leftrightarrow 115.73 ± 14.47 lb-ft	Registro de Control de Instalación y Torque del Túnel Liner FC-TOR-01-F1	I, M	I	Producción Calidad	Calidad	
		Inyección de mortero reoplástico f'c=175 kg/cm2	- Presión de inyección - Diseño de mezcla	- Plano 319.001-SJL-PC-102-002 - Plano 319.001-SJL-PC-102-003 - Plano 319.001-SJL-PC-103-002 - Especificaciones Técnicas Específicas: Doc. 319.001-PCT-00-01	Por turno	Presión máxima = 1.0 kg/cm2 Según documentos de referencia	Registro de Inspección de mortero FC-MOR-01-F1 Registro de Mortero Fresco FC-MOR-01-F2	I, M I, E	I I	Calidad Calidad	Calidad Calidad	
4	CONSTRUCCIÓN DE TUNNEL LINER	Topografía	- Trazo de sección de túnel - Direccionalidad, pendiente	- Plano 319.001-SJL-TP-103-001 - Plano 319.001-SJL-PC-101-001	Al inicio de la construcción de túnel liner Al inicio, durante y al finalizar el túnel liner	Según documentos de referencia	Registro de Control topográfico FC-TOP-01-F1	R	R	Topografía	Calidad	
		Excavación manual	Estabilidad	Inspección visual	Durante la excavación manual	N.A		R	R	Topografía	Calidad	
		Empalme de planchas de acero corrugado	Torque de empalme	- Especificación Técnica: Construcción de Túnel Liner. Doc. 319.001-CTL-00-02 - Plano 319.001-SJL-TL-101-001 - Plano 319.001-SJL-PC-103-002	5 % de total de pernos por turno	Torque permisible: 16±2 kg-m \leftrightarrow 115.73 ± 14.47 lb-ft	Registro de Control de Instalación y Torque del Túnel Liner FC-TOR-01-F1	I, M	I	Producción Calidad	Calidad	
		Inyección de mortero reoplástico f'c=175 kg/cm2	- Presión de inyección - Diseño de mezcla	- Plano 319.001-SJL-PC-101-001 - Plano 319.001-PCT-00-01 - Especificaciones Técnicas Específicas: Doc. 319.001-PCT-00-01	Por turno	Presión máxima = 1.0 kg/cm2 Según documentos de referencia	Registro de Inspección de mortero FC-MOR-01-F1 Registro de Mortero Fresco FC-MOR-01-F2	I, M I, E	I I	Calidad Calidad	Calidad Calidad	
5	PRUEBAS FINALES	Ensayos de laboratorio	Ensayo de Resistencia a la Compresión para especímenes de mortero	ASTM C109: Método de prueba estándar para resistencia a la compresión de morteros de cemento hidráulico	Por turno	Según documentos de referencia	Resistencia de Mortero a la compresión FC-MOR-01-F3	E	T	Calidad	Calidad	
2.0 LECTURA DE SIGLAS												
NA: No Aplica												
ENSAYO (E), MEDICIÓN (M), INSPECCIÓN VISUAL (I)												
TESTIGO (T) Se necesita ser testigo presencial de la inspección y de las pruebas seleccionadas.												
REVISIÓN (R) Revisión y aprobación de la documentación empleada (protocolos, procedimientos, certificados, etc.).												

Anexo 9: Procedimiento constructivo de la instalación de túnel liner vertical y horizontal



Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal

CONTROL DE EMISION Y CAMBIOS

Rev. Nº	Fecha	Descripción	Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
0	03/08/20	Emitido para Revisión y Aprobación	Fernando Vela Jefe de Producción	Vladimir Fernández Residente de Obra	Victor Quijandría Gerente de Obra
1	19/10/20	Emitido para Revisión y Aprobación	Fernando Vela Jefe de Producción	Vladimir Fernández Residente de Obra	Victor Quijandría Gerente de Obra
2	14/11/20	Emitido para Revisión y Aprobación	Fernando Vela Jefe de Producción	Vladimir Fernández Residente de Obra	Victor Quijandría Gerente de Obra
3	09/12/20	Emitido para Revisión y Aprobación	Fernando Vela Jefe de Producción	Vladimir Fernández Residente de Obra	Victor Quijandría Gerente de Obra
4	12/01/20	Emitido para Revisión y Aprobación	Fernando Vela Jefe de Producción	Vladimir Fernández Residente de Obra	Victor Quijandría Gerente de Obra
5	01/02/21	Emitido para Revisión y Aprobación	Fernando Vela Jefe de Producción	Vladimir Fernández Residente de Obra	Victor Quijandría Gerente de Obra
Firmas de la revisión vigente					





	PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO”		
Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	Código: 30970-PC-LIN-01	Rev. 05	Página: 2 de 14

Tabla de Contenido

1. PROPÓSITO.....	3
2. ALCANCE	3
3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA.....	3
4. DEFINICIONES.....	3
5. RESPONSABILIDADES	4
6. RECURSOS.....	5
7. DESARROLLO.....	6
8. CONTROL DE CALIDAD	12
9. GESTIÓN SSOMA	12
10. ANEXOS	14

	PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO”		
Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	Código: 30970-PC-LIN-01	Rev. 05	Página: 3 de 14

1. PROPÓSITO.

Establecer la metodología del proceso constructivo para la instalación de liner vertical y horizontal, cuya tecnología de excavación sin zanja permitirá la instalación de la tubería HDPE en el proyecto.

2. ALCANCE



Este procedimiento es aplicado específicamente para el proyecto "**Construcción de solución definitiva en la estación Pirámide del Sol – San Juan de Lurigancho**" que involucren trabajos de instalación de liner.

3. DOCUMENTOS DE REFERENCIA

- PL-CAL-01 Plan de Calidad del Proyecto
- Especificaciones Técnicas del Proyecto:
 - Doc. 319.001-CPA-00-01: Construcción de Pozas de Ataque
 - Doc. 319.001-CTL-00-02: Construcción de Túnel Liner
- Planos Aprobados del Proyecto:
 - IP-064-20-PL-001: Liner Circular Ø3477 e=4.0 mm. GALV
 - IP-048-20-PL-001: Liner Circular Ø4479 e=4.0 mm
 - IP-008-20-PL-001: Liner Circular Ø8010 e=6.0 mm
 - EP-012-20-PL-001: Liner Circular Ø8540 e=6.0 mm
 - 30970-PL-PC-104-002: Proceso Constructivo Ventana de ingreso – Poza liner CD-01
 - 30970-PL-PC-104-003: Proceso Constructivo Ventana de ingreso – Poza liner CD-02
 - 30970-PL-PC-104-005: Proceso Constructivo Ventana de ingreso – Poza liner BZP-01
 - 30970-PL-PC-104-007: Proceso Constructivo Ventana de ingreso – Poza liner BZP-03

4. DEFINICIONES

- ❖ **Poza liner de llegada.** - Estructura liner vertical que sirve de soporte del terreno en la zona de construcción de cámaras y buzones, su diámetro o interferencias no permiten que la instalación y pega de las tuberías se realicen desde dicha poza. Se denominan de llegada pues los trabajos de excavación de liner horizontal culminan en esta estructura.
- ❖ **Poza liner de ataque.** – Estructura liner vertical que sirve de soporte del terreno en la zona de construcción de cámaras y buzones, los diámetros de estas pozas en el proyecto son mayores a 8.0m. y permiten la pega e instalación de las tuberías. Se denominan de ataque pues los trabajos de excavación de liner horizontal inician en dicha poza.
- ❖ **Túnel liner.** - método de excavación sin necesidad de realizar zanjas, que permite la instalación de tuberías sin interrumpir el tránsito o dañar los pavimentos y redes existentes en el trazo de la red existente.

	PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO”		
Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	Código: 30970-PC-LIN-01	Rev. 05	Página: 4 de 14

5. RESPONSABILIDADES

Gerente de Proyecto

- Revisar y aprobar los lineamientos establecidos en los Planes de Calidad, Seguridad, Salud Ocupacional y Medio Ambiente (SSOMA)
- Organizar, dirigir y supervisar el trabajo de las áreas funcionales del proyecto a fin de que brinden el apoyo necesario a la producción del proyecto.

Residente de Obra

- Coordinar con el jefe de supervisión la aprobación de los planes, procedimientos y documentos necesarios para la ejecución de los trabajos del proyecto
- Garantizar el cumplimiento de los alcances del proyecto
- Dirigir, coordinar y controlar las actividades de obra según el cronograma vigente.

Jefe de producción



- Implementar y difundir este procedimiento, cumpliendo con ello los requerimientos establecidos en los documentos de obra
- Generar los recursos necesarios para brindar un ambiente de trabajo seguro.
- Realizar coordinaciones frecuentes con las áreas de seguridad y calidad a fin de evitar paralizaciones y repetir trabajos en las labores realizadas
- Hacer seguimiento del levantamiento de las restricciones previa a la programación del inicio del frente de trabajo.

Ingeniero de Producción / Supervisor de campo

- Participar activamente en la charla de seguridad de 10 minutos
- Evaluar las condiciones del área e identificar peligros en la zona de trabajo
- Informar de las restricciones o interferencias encontradas en campo a fin de solucionarlas antes del ingreso al frente de trabajo
- Poner en práctica las consideraciones del presente procedimiento
- Coordinar la ejecución de los trabajos a su cargo a fin de evitar interferencias entre los grupos de trabajo, garantizando el cronograma de trabajo establecido
- Asegurar la difusión del presente procedimiento
- Realizar el requerimiento de material necesario para el cumplimiento de las actividades.

Supervisor de SSOMA

- Velar que se cumplan los lineamientos establecidos en el Plan de SSOMA

	PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO”		
Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	Código: 30970-PC-LIN-01	Rev. 05	Página: 5 de 14

- Asesorar al Residente de Obra en la elaboración del Análisis de Riesgo de las actividades que se ejecuten en obra
- Coordinar con el Ing. Residente de Obra, la incorporación de medidas preventivas en los trabajos a realizar
- Capacitar al personal para el correcto llenado del ATS.

Cuadrilla de Trabajadores

- El personal debe estar preparado mental y psicológicamente para actuar conscientemente en la identificación de peligros y evaluación de riesgos
- Comunicar inmediatamente las condiciones y estado de los equipos (de ser necesario), herramientas, procesos y/o acto inseguro que haya observado en el desarrollo del trabajo
- Realizar las actividades o trabajos designados por el ingeniero o supervisor a cargo.

6. RECURSOS

El personal, equipo y materiales cumplirá con los siguientes requisitos:



6.1 Personal: El personal deberá estar suficientemente tecnificado y calificado para cumplir de manera adecuada con sus funciones en el tiempo establecido.

- Ingeniero de Producción
- Supervisor de Campo
- Supervisor SSOMA
- Cuadrilla de Trabajadores.

6.2 Equipo: El equipo y herramientas para los trabajos serán:

- Herramientas manuales (Palanas, picos, buguis, rotomartillo, barretas dieléctricas, llaves, combas, entre otras)
- Equipos menores (Luminarias, winche, bomba de inyección, torquímetro otros)
- Equipos mayores (Camión grúa, Excavadora, volquete, generador eléctrico, otros)

6.3 Materiales: el material principal para este trabajo son las planchas de acero corrugado, así mismo, se empleará cemento, agua, agregado fino (arena) y plastificante para la preparación del mortero de inyección que se colocará entre los anillos liner y el terreno natural.

	PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO”		
Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	Código: 30970-PC-LIN-01	Rev. 05	Página: 6 de 14

6.4 Equipo de Protección Personal y Colectivo

- EPP Obligatorio: (Casco de seguridad, lentes, botas dieléctricas, barbiquejo, guantes de badana, uniforme, mascarilla o respirador)
- EPP Especifico: (botas de jebe dieléctricos, guantes, traje tibet)
- Equipos colectivos (pases peatonales, mallas de seguridad, línea de vida).

7. DESARROLLO

Previo al inicio de los trabajos, el área de Producción en coordinación con el área de Oficina Técnica y Calidad revisará las especificaciones técnicas, planos aprobados, normas aplicables de los materiales empleados para esta actividad y la distribución de las láminas liner en función a los diámetros de las pozas y los túneles a construir.

Así también, se evaluarán y se tomarán las medidas de control en coordinación con el área de SSOMA para mitigar los riesgos que implica la labor.

7.1 Secuencia constructiva

El proyecto abarca la construcción de 07 tramos de túnel liner y 05 pozas aplicando esta misma metodología. La secuencia general para cada frente de trabajo abarca las siguientes actividades:



- Delimitación y cercado de zona de trabajo
- Trazo y replanteo de poza de ataque
- Rotura de pavimento en la zona de trabajo
- Eliminación de material excedente
- Construcción de liner vertical (poza de ataque, poza de llegada)
- Construcción de liner horizontal (túnel liner)

7.1.1 Trazo y replanteo de poza liner (pozas de ataque y pozas de llegada)

- El área de topografía realiza la delimitación del área en la cual se deberá realizar los trabajos de construcción de liner vertical.
- Se realiza la identificación de interferencias en el área involucrada
- Este trabajo permite también señalar la zona de trabajo a fin de garantizar la seguridad en el frente de trabajo.



7.1.2 Rotura de pavimento en la zona de trabajo

- Posterior al trazo topográfico ingresa el personal encargado del corte de pavimento con las herramientas requeridas (cortadora de pavimentos, disco de cortes)
- El material resultado de la rotura del pavimento será eliminado en el botadero previamente aprobado.

	PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO”		
Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	Código: 30970-PC-LIN-01	Rev. 05	Página: 7 de 14

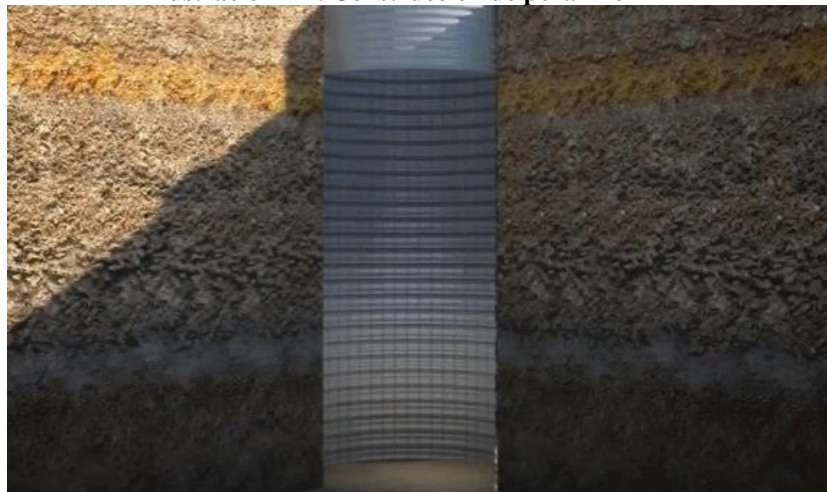
7.1.3 Construcción de pozas liner (pozas de ataque y pozas de llegada)

- Antes de iniciar los trabajos de excavación y el armado de pozas liner, se implementará un sistema de seguridad cerrado, que constará de un cerco perimetral a 1m de borde de excavación.
- De acuerdo con las interferencias que se identifican en los planos para cada poza, el primer tramo de arranque será equivalente a la profundidad de instalación de 03 anillos liner, fijando el primer anillo en el fondo de la excavación comprobando que se encuentre en el nivel y posición indicada por el área de topografía. Realizada esta comprobación se tomará este primer cuerpo de liner como anillo guía para el armado e instalación de los anillos N° 01 y 02 que van por encima de este, así también servirá de guía para los siguientes anillos liner. La excavación en los primeros 1.5m se realizará manualmente a fin de no dañar las diferentes redes que pudieran ser interferencia y se encuentren cercanas a dicha profundidad y en el área de excavación, de no ser así se procederá a excavar con equipo mayor de manera controlada.
- Se realiza el armado del anillo mediante pernos de cabeza cuadrada de 5/8” y se continúa con el empalme entre anillos mediante pernos de cabeza hexagonal de 5/8”, en ambos casos se deberá cumplir con el torque especificado en los planos del Expediente Técnico.
- El proceso de inyección se realizará al instalar 04 anillos, de tal forma se garantiza la colocación del mortero en la longitud instalada. Este criterio se empleará durante todo el proceso de instalación de la poza de ataque, con excepción de los anillos que se verán afectados por la ventana de ingreso al túnel liner cuyo proceso se describe en el ítem 7.1.4.
- El mortero de inyección $f'c=175$ kg/cm² permitirá asegurar la rigidez de la poza liner rellenando el espacio entre las láminas y el terreno natural. Para las pozas de ataque el mortero de inyección será dosificado de tal forma que su fluidez no afecte la actividad de relleno requerida.
- La inyección del mortero se realizará a través de los orificios de las láminas liner que se colocarán de acuerdo con la configuración indicada en los planos del expediente técnico. El personal realizará la colocación del material en la bomba de inyección de acuerdo con la dosificación determinado en el diseño de mezcla aprobado.
- Luego se continuará la excavación con equipo mayor y se procede con la instalación de anillos liner progresivamente.
- Para los primeros 2.50 metros de excavación el personal realizará el ingreso a la poza de ataque mediante escaleras telescópicas con una línea de vida, al llegar a esta profundidad de instalación de liner se reemplazará la escalera telescópica por una escalera de gato que permitirá un ingreso seguro a mayor profundidad. La escalera de gato constará de cuerpos que se irán instalando gradualmente a medida que se avanza con la excavación e instalación de anillos liner, así también permanecerá para el acceso a los trabajos de túnel liner.
- Los últimos metros de excavación, donde el brazo del equipo de excavación no llegue, será realizado manualmente y el material retirado mediante winche.

	PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO”		
Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	Código: 30970-PC-LIN-01	Rev. 05	Página: 8 de 14

- El fondo de la poza liner será nivelada y refinada de forma manual para posteriormente colocar el solado de acuerdo con el expediente técnico del proyecto.
- Los controles de niveles y dirección de la excavación se realizarán por la cuadrilla de topografía.
- La verificación topográfica se realizará en función a la coordenada del eje de la poza liner del proyecto y en función a este punto se trazará el diámetro de la poza liner, ello con el fin de garantizar que el área correspondiente a las cámaras que se construirán posteriormente se encuentre siempre dentro del área del liner instalado.
- Previo a los trabajos de excavación se evaluarán los planos de interferencias, interferencias que serán anticipadas al supervisor para que indique acciones a seguir.
- De encontrar interferencias no identificadas en los planos, estas se registrarán y reportarán la dificultad y magnitud de la interferencia detectada para recibir por parte de la supervisión y de manera formal las instrucciones a seguir para superar dichas interferencias.

Ilustración 7-1. Construcción de poza liner





Fuente: Oficina Técnica del proyecto

- En las pozas de ataque que contemplen empalmes o paso de tuberías existentes (CIS-01, CDE-01, CDE-02 y BzP-03) se realizarán cortes de láminas liner para permitir el paso de dichas tuberías a través de las pozas de ataque, el trazo y corte de las láminas se realizará en función a lo indicado por topografía para su posterior armado en campo. Las láminas afectadas dependerán de diámetro de la tubería. El proceso de inyección se realizará una vez encofrada la zona de corte con tecnopor u otro material que permita la separación entre el mortero de inyección y la tubería existente.

7.1.4 Construcción de Túnel liner (horizontal)

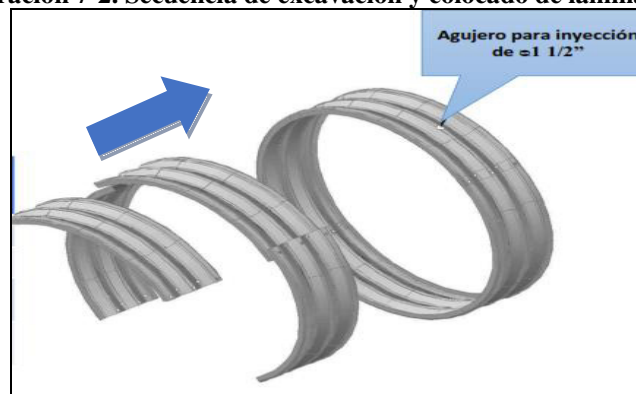
- Se inicia el trazo de la ubicación del túnel liner en la poza liner construida.
- Se realiza la liberación topográfica y de torque de los anillos de la poza vertical que abarquen el trazo del túnel liner, antes de la inyección del mortero de estos anillos de la poza vertical se realizará el corte de

	PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO”		
Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	Código: 30970-PC-LIN-01	Rev. 05	Página: 9 de 14

las láminas liner en el área trazada por el área de topografía como se detalla en los Planos de Proceso Constructivo de las ventanas de ingresos presentados y aprobados por Supervisión.

- Ejecutada la inyección de la poza vertical se procede a la instalación del primer anillo horizontal, controlando las coordenadas, nivelación, cotas y direccionalidad que permitan cumplir con la pendiente indicada en los planos, estos trabajos topográficos serán validados en conjunto con Supervisión.
- Se procede a realizar el torque y encofrado del primer anillo para iniciar con la inyección del mortero del anillo guía, estos trabajos son validados por el área de Calidad y Supervisión.
- Posteriormente se realizará el proceso de excavación, armado, liberación topográfica y de calidad e inyección del anillo 2 del túnel liner. Se procede de forma similar para el tercer anillo, es decir, el proceso de inyección de anillos liner se realizará de forma independiente para el primer, segundo y tercer anillo. Superando estos 03 anillos al inicio de cada tramo de túnel liner, se procede a realizar la inyección cada 04 anillos liner, salvo condiciones especiales (ver ítem 7.1.6).
- La excavación de los anillos liner se inicia en la parte superior a una profundidad correspondiente a una lámina aproximadamente, se coloca las láminas en dicha zona a fin de proteger a los trabajadores, luego se continúa con la excavación de la parte inferior de dicha área y se instalan las láminas faltantes para completar el anillo.

Ilustración 7-2. Secuencia de excavación y colocado de láminas liner



Fuente: Oficina Técnica del proyecto

- Los empalmes entre láminas se harán mediante pernos de cabeza cilíndrica de 5/8”, luego se continúa con los empalmes entre anillos mediante pernos de cabeza hexagonal de 5/8”, los cuales deberán cumplir con el torque especificado en los planos del Expediente Técnico. Cabe mencionar que las características geométricas que presenta las láminas liner dificultan la actividad de armado, reduciendo el rendimiento del personal.
- La medición del torque deberá priorizarse en las uniones de láminas que conforman el anillo, dado que es el anillo quien soporta los esfuerzos para los que ha sido diseñado. En el caso de las uniones perimetrales (entre anillo y anillo) se deberá priorizar la nivelación y direccionalidad del túnel liner, sin que ellos restrinjan la verificación del ajuste de los pernos.



- Se inyecta el mortero $f'c=175$ kg/cm² en los anillos instalados, con la dosificación indicada en las especificaciones técnicas del Proyecto y/o Aprobada por Supervisión. Al igual que en las pozas de ataque, la inyección se realizará mediante una manguera a través de los orificios de las láminas liner de acuerdo con la configuración indicada en los planos aprobados.
- El proceso de inyección se realizará después de instalados 04 anillos salvo condiciones especiales (ver ítem 7.1.6). La cantidad de anillos instalados sin mortero de inyección podrá incrementarse de acuerdo con el tipo de terreno que se encuentre durante los trabajos de excavación y será debidamente sustentado por el especialista. Los trabajos de excavación y armado de anillos liner se podrán continuar en el túnel liner después de 03 horas de fragua del tramo inyectado.
- El material procedente de la excavación será acarreado por el personal mediante uso de buggy hacia la poza de ataque en donde a través del winche se llevará hasta la superficie para su eliminación y disposición final.

Ilustración 7-3. Acarreo de material hacia poza de ataque





Fuente: Imagen referencial

- El sistema de ventilación e iluminación se instalará progresivamente en función al avance de los trabajos de excavación (ver Procedimiento en anexos)

Ilustración 7-4. Trabajos de instalación de liner horizontal



Fuente: Registro fotográfico de obra de emergencia en SJL.

	PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO”		
Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	Código: 30970-PC-LIN-01	Rev. 05	Página: 11 de 14

- Los tramos de túnel liner se realizarán en dos sentidos por lo que el control de dirección y niveles del túnel liner se harán a lo largo del tramo con nivel láser y/o estación total con el fin de garantizar el encuentro de los túneles.
- Para el encuentro de túneles se realizará un anillo liner especial (anillo de empalme) mediante trabajos de corte y soldadura convencional Cellocord 6011 de tal forma que este anillo de empalme se ajuste al espacio libre propio del encuentro, este detalle será presentado en plano constructivo.
- Realizado el anillo de empalme se procede a la verificación de calidad e inyección de mortero para culminar con los trabajos de inyección de túnel liner en el tramo.

7.1.5 Interferencias en áreas de trabajo

En los planos de interferencias del expediente técnico se identifican aquellas estructuras, redes o instalaciones eléctricas que podrían interferir durante el proceso de excavación de las pozas de ataque, siendo necesaria la ejecución de trabajos preliminares de exploración mediante calicatas o piques que ayudarán con su ubicación e identificación (Procedimiento 30970-PC-ICA-01). En base a ello se procede a la comunicación pertinente a supervisión y empresas responsables (CALIDDA, ENEL, SEDAPAL, etc.) realizada la comunicación y coordinación, se procederá con el levantamiento de interferencia de acuerdo con las indicaciones del expediente técnico.

De encontrarse interferencias **No Identificadas** en el expediente técnico del proyecto se procederá a informar a Supervisión para definir el procedimiento técnico y económico a seguir para superar dicha interferencia. Siendo importante definir el proceso constructivo como en el reconocimiento de los costos adicionales.

7.1.6 Condiciones especiales



De encontrarse condiciones de suelo diferentes a las definidas en el expediente técnico para los trabajos de liner, se procederá a su registro en los protocolos de calidad.

El procedimiento se basará en garantizar la seguridad de los trabajadores dentro del túnel liner.

- Excavaciones en material arenoso: se instalarán la mayor cantidad de anillos posible en la jornada, se dejará pañeteada la parte frontal de la excavación a fin de que el material no pierda humedad y esto ocasione desmoronamientos.
- Excavaciones bajo rellenos no controlados: la cantidad de anillos a inyectar deberá ser de 01 anillo, la cantidad se podrá incrementar a 02 anillos previa supervisión de las condiciones del terreno.

La supervisión de las condiciones de terreno debe ser constante a fin de definir el proceder más seguro para los trabajadores.

El mayor consumo de materiales o rendimientos que se vieses afectados por condiciones no contempladas en el expediente y que no son atribuibles al Contratista deberán ser reconocidos.

	PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO”		
Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	Código: 30970-PC-LIN-01	Rev. 05	Página: 12 de 14

8. CONTROL DE CALIDAD

- De acuerdo con el procedimiento indicado, los controles de calidad van alineados a las especificaciones técnicas del proyecto. Cabe señalar, que para los procedimientos se verificará en primer lugar la excavación realizada mediante los controles topográficos hechos por el Área de Topografía mediante Registro de Control Topográfico (30970-FC-TOP-01-F1)
- Asimismo, se verificará que las pozas verticales Liner circunscriban a las Cámaras de Derivación o Empalme Proyectadas.
- Previa inyección se verificará la zona de inyección mediante Registro de Inspección de mortero (30970-FC-MOR-01-F1), asimismo como parte de la inspección previa se verificará el torque del 10% del total de pernos instalados mediante Registro de Control de Torque (30970-FC-TOR-01-F1). El aseguramiento de la Calidad del Torque de los pernos, deberán cumplir con un Torque Medio de 16 kg-m (115.73 lb-ft) con una tolerancia de ± 2 kg-m (14.47 lb-ft)
- Se verificará las condiciones de la mezcla de mortero mediante Control de mortero fresco (30970-FC-MOR-01-F2)
- Se registrarán las resistencias obtenidas luego del ensayo de compresión a los 7, 14 y 28 días del mortero mediante Registro de Resistencias de mortero a la compresión (30970-FC-MOR-01-F3)



9. GESTIÓN SSOMA (SEGURIDAD, SALUD OCUPACIONAL Y MEDIO AMBIENTE)

Para la ejecución de los trabajos, se cumplirá las disposiciones detalladas en los siguientes documentos:



- 30970-PL-SSOMA-04 Rev. 0 Plan SSOMA
- 30970-PL-SSOMA-03 Rev.1 Plan de Respuesta a Emergencias Proyecto SJL
- 30970-PG-SSO-21 Rev. 0 Procedimiento para Excavaciones y Zanjias
- 30970-PG-SSO-13 Rev. 0 Procedimiento en Espacios Confinados
- 30970-PG-SSO-30 Rev. 0 Procedimiento para Movimiento de tierras Rev. 0
- 30970 matriz IPERC para Actividades de Túnel Liner (Vertical y horizontal)

9.1 Recomendaciones SSOMA previas a realizar trabajos de túnel liner.

- Contar con los permisos correspondientes de uso de vías e implementar el plan de desvío.
- Delimitar el área de poza de ingreso con cerco perimétrico y señalización vial, dejando señalizado las vías peatonales.
- Identificar los recursos a usar como elementos de contingencia, barandas rígidas en poza de ingreso, escalera de acceso con protección anticaídas, luces led, sistemas de ventilación e inyección de aire hacia el túnel.
- Implementar en el área los recursos para contar con los elementos de contingencia (recursos para posible rescate de fondo de poza de túnel liner (camilla tipo canastilla con eslingas), sistema de rescate con cuerdas (posible rescate en zona de escaleras).

	PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO”		
Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	Código: 30970-PC-LIN-01	Rev. 05	Página: 13 de 14

- Identificar las interferencias (redes existentes) y en caso se requiera la reubicación de estas, realizarla con procedimientos externos para garantizar que estas no afecten durante el proceso constructivo.
- Hay que considerar que toda persona que ingresa al túnel liner (trabajadores, supervisores, visitas) deben cumplir con tener su capacitación de cursos obligatorios y tener el examen de ingreso a espacio confinado y altura en condición de “Apto”
- El personal que ingresará al túnel liner, debe recibir capacitación obligatoria en: “espacios confinados”, “trabajos en altura”, “movimiento de tierras”
- Considerar programa de entrenamiento para posible rescate de fondo de túnel líner y preparar personal (parte de la cuadrilla) como brigadistas de rescate.
- El personal se equipará con EPP específico para la actividad como respirador de media cara con filtros P-100, lentes google (Contexto Covid-19)
- Considerar entrega de 03 polos a la cuadrilla asignada para el túnel liner para el cambio de forma rotativa por la temperatura que puede generar dentro del túnel.
- Considerar un sistema de ingreso y salida de personal que permita que el trabajador use los 03 puntos de apoyo y se usará una línea retráctil.
- Considerar un sistema de ingreso y salida de herramientas independiente de la escalera de ingreso (que estás herramientas se encuentren dentro de una estructura que evite caída o las herramientas deben estar amarradas).
- Durante el trabajo diario el Supervisor Frente de Trabajo/Capataz brindará la charla de inicio de jornada a los colaboradores. Se asegura que el personal se haya registrado.
- Los colaboradores que realizan la actividad, junto a su jefe de grupo o supervisor, elaborarán el Análisis Seguro de Trabajo (AST) en el cual se deben identificar los peligros y riesgos identificados en el lugar, perímetro y como interferencias existentes (contactos eléctricos o explosiones cuando entran en contacto con líneas subterráneas de servicios de agua, electricidad, alcantarillados, entre otros) y guiarse del IPERC para establecer controles, en caso se identifique algún riesgo no asociado al IPERC, deben solicitar la presencia de especialista SST y Jefe de Producción para analizar el riesgo y establecer los controles.
- Así mismo el Jefe de Grupo o Supervisor de producción gestionará los permisos (PETAR) necesarios para la actividad. Permiso de excavaciones, permisos de espacios confinados, otros.
- En caso de usar equipo mecánico, el Jefe de Grupo o Supervisor de Producción solicitará el Pre-Usa Equipo y el AST asociado a este.
- Previo a las actividades operativas diarias, se debe verificar las condiciones internas del área garantizando el orden, limpieza y desinfección del área de trabajo.
- Previo a las actividades diarias, se debe verificar la necesidad de limpiar el perímetro de la superficie de materiales sueltos y eliminar todos los objetos que puedan desplomarse y que constituyen peligro para los colaboradores, tales como: árboles, postes, rocas, rellenos, entre otros.

	PROYECTO: “CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN LA ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL – SAN JUAN DE LURIGANCHO”		
Procedimiento para la instalación de túnel liner vertical y horizontal	Código: 30970-PC-LIN-01	Rev. 05	Página: 14 de 14

- Previo a la actividad, se debe difundir este procedimiento de trabajo seguro

9.2 Durante la realización de los trabajos de túnel liner

- La ejecución del trabajo debe ser supervisado acorde a lo establecido por el Ingeniero Especialista, Ingeniero Residente/Jefe de Proyecto.
- El perímetro de la poza vertical debe tener barrera rígida, rodapiés, baranda y los letreros de señalización de advertencia de la excavación profunda, no apoyarse sobre baranda e indicar la zona de ingreso de la poza liner.
- El proceso constructivo se hará respetando este procedimiento sin cambiar el mismo salvo el documento haya sido validado en una nueva revisión.
- Durante el proceso constructivo se realizará los monitoreos ergonómicos internos para verificar el confort del personal dentro de su actividad.
- Durante el proceso constructivo se implementará el programa de capacitaciones, sensibilización y entrenamientos para que el personal desarrolle sus labores de forma preventiva y preparados a responder a una emergencia.
- Durante el proceso constructivo se debe mantener las vías de evacuación libres de obstáculos para evacuar en caso de una emergencia.
- En el interior de los túneles se debe respetar los aforos indicados
- De forma continua se realizará los monitoreos de las condiciones atmosféricas dentro del túnel, así como las condiciones de luminosidad y ventilación o extracción que se requiera.

9.3 Consideraciones para el termino de actividad

- Las áreas de excavación deben quedar protegidas con cerco perimétrico con las señales de advertencia hacia el público y con cerco interno con señales de advertencia dentro de zona de operación.
- Las áreas deben quedar limpias y ordenadas retirando los residuos.
- Los registros generados a diario deben ser entregados al área de SSOMA para la verificación y archivo de este.

10. ANEXOS

- 30970-FC-TOP-01-F1: Registro de Control Topográfico
- 30970-FC-MOR-01-F1: Control general previo para la colocación de mortero
- 30970-FC-MOR-01-F2: Control de muestreo de mortero
- 30970-FC-MOR-01-F3: Resistencia de mortero a la compresión
- 30970-FC-TOR-01-F1: Registro de Control de Torque
- Matriz IPERC – Túnel liner.

REGISTRO DE INSPECCIÓN DE MORTERO			Cod. 30970-FC-MOR-01-F1
Descripción:		No. Protocolo:	
No. de P. O/Contrato.:	Clasificación de la Inspección		Fecha:
Plano de referencia:	Subcontratista ┘	Cliente ┘	Poza/Túnel:
	Contratista ┘	Otros ┘	Nº Anillo:
MORTERO (Indicar el Tipo):			
		COSAPI	HC & A
1.0 INSPECCIÓN PRE-VACIADO MORTERO			
1.1 Verificación de alineamiento y nivelación de la poza/túnel liner			
1.2 Verificación de la ausencia de derrumbes durante la excavación de la poza/túnel			
1.3 Verificación de pernos, tuercas y accesorios según plano			
1.4 Verificación de torque medido según rango de torsión permisible			
1.5 Las planchas acero corrugado se encuentran limpios sin corrosión.			
2.0 INSPECCIÓN VACIADO DE MORTERO			
2.1 Cemento (tipo)	Aditivo (tipo)		
_____	_____		
2.2 El procedimiento de mezclado utilizado estuvo de acuerdo con el diseño.			
Tipo de Mezcladora: _____			
Cemento (bls)/Tanda: _____ Arena (bls)/Tanda: _____ NºTandas: _____			

ANOTACIONES:			

Calidad - COSAPI	Producción – COSAPI		Supervisión
Nombre:	Nombre:		Nombre:
Firma:	Firma:		Firma:
Fecha:	Fecha:		Fecha:



CONSTRUCCIÓN DE SOLUCIÓN DEFINITIVA EN ESTACIÓN PIRÁMIDE DEL SOL - SAN JUAN DE LURIGANCHO



Cód. 30970-FC-MOR-01-F3

C.R./U.O. 30970

Reg. N°

Hoja

De

ENSAYO A LA COMPRESION PARA PROBETAS CILINDRICAS DE MORTERO- ASTM C109

Proveedor de Mortero:

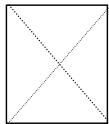
Fecha:

Subcontratista:

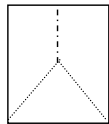
RELACIÓN DE VACIADOS MUESTREADOS

ITEM	DESCRIPCIÓN						PROBETAS SERIE	REGISTRO DE REFERENCIA
	SECTOR	AREA DE DRENAJE	CUADRANTE	ESTRUCTURA	ELEMENTO			

#Muestra	Serie	f'c (MPa)	Fecha Moldeo	Hora Moldeo	Fecha Rotura	Hora Rotura	Edad (d)	d ₁ (cm)	d ₂ (cm)	d _{prom} (cm)	ÁREA (cm ²)	CARGA MÁX. (Kg)	f'c (Kg/cm ²)	f'c (MPa)	% f'c	Conformidad (C, NC)	Tipo de Fractura



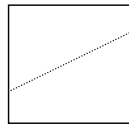
CONO (1)



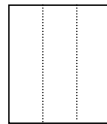
CONO Y LONGITUDINAL (2)



CONO Y CORTE (3)



CORTE (4)



COLUMNA (5)

ASTM APLICABLES

ASTM	DESCRIPCIÓN
C39	Standard Test Method for Compressive Strength of Cylindrical Cor Compresión
C143	Standard Test Method for Slump of Hydraulic Cement Concrete Slump
C1064	Standard Test Method for Temperature of Freshly Mixed Portland (Temperatura

ANOTACIONES

Comentarios:

Realizado por:

Nombre/Función	D
	M
Firma	A

Revisado por:

Nombre/Función	D
	M
Firma	A

Aprobado por Supervisión:

Nombre/Función	D
	M
Firma	A

