

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

FACULTAD DE INGENIERÍA



TESIS:

“IDENTIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE INSTALACION DE GEOMEMBRANA EN LA CONSTRUCCION DE UNA PLATAFORMA DE LIXIVIACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS, 2021”

Para optar el Título Profesional de:
Ingeniero Civil

Presentado por:

Bach. Cabanillas Herrera, Erasmo
Bach. Condori Flores, Javier Rolando
Bach. Roque Salazar, Gilber

Asesor:
Ing. Mag. Enrique Durand Bazan

Trujillo - Perú
2021

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Privada de Trujillo, conjuntamente con su plana docente, que me acogieron y complementaron mi proceso enseñanza aprendizaje profesional en el campo de la Ingeniería Civil.

Con el presente trabajo de investigación, se espera contribuir en el análisis, difusión y fomento de la cultura de las herramientas de control de calidad dentro de los principios básicos de la gestión de la calidad durante los procesos constructivos de los proyectos bajo los enfoques y lineamientos modernos de los estándares actuales de la construcción de proyectos; y es también parte constitutiva, del apoyo incondicional y desinteresado de profesionales de amplia experiencia en la rama, quienes nos facilitaron las herramientas y metodologías empleadas para poder concluir este trabajo.

En ese sentido, hago extensivo mi agradecimiento sincero a quienes asesoraron este trabajo, que con voluntad y decisión colaboraron desinteresadamente a lo largo de todo el desarrollo de mi trabajo, al Ingeniero Enrique Durand Bazán.

De manera complementaria me permito expresar un agradecimiento a los profesionales quienes colaboraron decididamente, orientándome bajo su conocimiento y experiencia en temas de la gestión de la calidad en la construcción, para desarrollar este proyecto, quienes compartieron la información empleada para poder elaborar y estructurar los conceptos de calidad y así concluir este trabajo.

Bach. Cabanillas Herrera, Erasmo

Bach. Condori Flores, Javier Rolando

Bach. Roque Salazar, Gilber

DEDICATORIA

A mis padres Alfonso Cabanillas Moncada y María Herrera Hayay
A mis hijas Mireya De Los Ángeles y Evelyn Yasmin.

A mis amigos y familiares que, de todas las formas –y de manera discreta- alentaron mi camino y me motivaron a completar este trabajo y puedo decir “meta cumplida”

Bach. Cabanillas Herrera, Erasmo

A Dios por la vida y las oportunidades que nos da. A mi familia que nos motivaron cada día para cumplir nuestras metas.

Bach. Condori Flores, Javier Rolando

Al todopoderoso, a mi familia por su aliento, fortaleza, y luz en el camino hasta llegar a ser profesional.

Bach. Roque Salazar, Gilber

Resumen

Los enfoques y conceptos actuales y modernos del gerenciamiento de proyectos incorporan la gestión de calidad como parte elemental –dentro de los procesos constructivos- para el logro y cumplimiento de los requisitos y exigencias de calidad de los proyectos. En ese sentido, toma relevancia la gestión de control de calidad, que en concordancia con su definición podemos decir que con el enfoque de control de calidad durante la ejecución de un proyecto podemos “mantener un enfoque en la calidad que produzca entregables que cumplan con los objetivos del proyecto y se alineen con las necesidades, usos y requisitos de aceptación establecidos por los interesados relevantes” (PMBOOK, 2021)

Durante los procesos constructivos de los diferentes proyectos se tiene la necesidad de integrar y articular diferentes áreas y componentes (construcción, medio ambiente, seguridad, calidad, ingeniería, otros) a fin de contribuir al logro de los objetivos y meta del proyecto. En ese sentido, toma relevancia la gestión de la calidad dentro del proyecto, donde se hace necesario contar con herramientas que coadyuven a la planificación, control y seguimiento -del cumplimiento de los requisitos de calidad que un proyecto exige- para advertir medidas preventivas y correctivas para el cumplimiento estricto de cada una de las metas de calidad durante la construcción del proyecto. La implementación de los sistemas de gestión de calidad contribuye a la mejora continua, para lograr que dicho sistema funcione adecuadamente es fundamental la aplicación de las herramientas de control de calidad que son esenciales para el proceso de control y mejora de la calidad.

El presente documento de tesis “IDENTIFICACIÓN DE HERRAMIENTAS DE CONTROL DE CALIDAD DEL PROCESO DE INSTALACION DE GEOMEMBRANA EN LA CONSTRUCCION DE UNA PLATAFORMA DE LIXIVIACION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS” tiene por objetivo identificar las herramientas de control de calidad que pueden ser aplicadas durante el proceso de instalación de geomembrana y aplicarlas para realizar una gestión eficiente de la calidad de estos procesos. Para nuestro caso de estudio se ha recopilado, procesado y analizado información del proceso de instalación de geomembrana correspondiente a dos empresas contratistas en un proyecto minero a 34 km de la ciudad de Cajamarca ejecutado en el periodo mayo a octubre del año 2021. El proyecto ejecutado asciende a la suma de alrededor de \$14,500,000.00 y es parte del plan de extensión de esta unidad minera situada en esta región de Cajamarca.

En este contexto, para identificar las herramientas de control de calidad, usando el método descriptivo, creímos oportuno señalar las características propias que tienen las herramientas seleccionadas hipotéticamente como de posible uso. De tal manera que se pueda poner en práctica lo señalado en las definiciones operacionales.

Hemos investigado y articulado aspectos teóricos que tienen concordancia con el estado del conocimiento actual sobre el tema, mención de este trabajo. Lo cual me permitió realizar una metodología específica para ésta tesis, es decir, que nos sirvió para someter a prueba la hipótesis planteada.

Como parte concluyente, y en base a todo lo mencionado en párrafos precedentes, pudimos llegar finalmente a la discusión e interpretación de los resultados obtenidos lo que nos permitió cumplir con nuestro objetivo de identificar las *herramientas de control de calidad* que pueden emplearse en el proceso de instalación de geomembrana durante la construcción de plataformas de lixiviación.

Al concluir el análisis e interpretación de resultados, se obtuvo que las listas de verificación, diagrama de causa–efecto, diagrama de Pareto, diagrama de dispersión, diagrama de flujo e histograma, son las herramientas de control de calidad que se adecúan plenamente en la gestión de control de calidad en la instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación con la finalidad de establecer identificar oportunamente deficiencias y/o fallas para tomar acciones correctivas de manera inmediata.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Planteamiento del Problema	1
1.2.	Formulación del Problema	2
1.3.	Justificación	2
1.4.	Objetivos de la Investigación	3
1.4.1	Objetivo General	3
1.5.	Hipótesis	3
1.5.1	Matriz de Congruencia	4
1.5.2	Sistematización del problema	5
1.6.	Definición de terminología básica	7
1.6.1	Plataforma de lixiviación	7
1.6.2	Geomembrana	7
1.6.2.1	Descripción	7
1.6.2.2	Normatividad aplicable	8
1.6.2.3	Tipos de Geomembrana	8
2	MARCO TEÓRICO	10
2.1	Marco conceptual de las herramientas de control de calidad	10
2.2	Los Costos Relativos a la Calidad, como Herramienta para Mejorar la Eficiencia de la Gestión de Control De Calidad	11
2.2.1	Introducción	11
2.2.2	Aspecto teórico	11
2.2.3	Costos Relativos de la Calidad (CRC)	13
2.2.3.1	Costos De Calidad (CDC)	15
2.2.3.2	Costos de No Calidad (CNC)	18
2.3	Herramientas de control de calidad en la Gestión de Calidad Total	22
2.3.1	Breve Historia de la Gestión de la Calidad	22
2.3.2	las Herramientas de control de calidad en la Gestión de la Calidad	23
2.3.3	Herramientas de control de calidad	25
2.3.3.1	Listas de Chequeo	28
2.3.3.2	Diagrama de Causa – Efecto	28
2.3.3.3	Histograma	31
2.3.3.4	Diagrama de Pareto	34
2.3.3.5	Diagrama de Dispersión	37
2.3.3.6	Diagrama de Flujo	40
3	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	45
3.1	Diseño de Prueba de Hipótesis	45
4	PROCEDIMIENTO DE LA INSTALACIÓN DE GEOMEMBRANA	49
4.1	Gestión de Aseguramiento de Calidad de Fabricación (MQA)	49
4.2	Gestión documentaria inherente a la instalación de geomembrana	49
4.2.1	Implementación de los lineamientos de control de calidad	49
4.2.2	Verificación y aprobación de los procesos constructivos	50
4.2.3	Verificación y aprobación de los productos terminados	50
4.2.4	Registros de calidad	50
4.2.5	Reportes periódicos de control de calidad	50
4.2.6	Reporte de desviaciones al proceso	50
4.2.7	Dossier de calidad	51
4.2.8	Planos como construido	51
4.2.9	Formatos para control de calidad	51
4.3	Proceso de instalación de geomembrana	52

4.3.1	La prueba de puesta en marcha o servicio	52
4.3.2	Las pruebas iniciales	53
4.3.3	Instalación de geomembrana	55
4.3.3.1	Uniones por fusión (soldadura por fusión)	58
4.3.3.2	Uniones por extrusión (soldadura por extrusión)	63
4.3.3.3	Frecuencia para ensayos destructivos de fusión y extrusión	67
4.3.3.4	Caminatas preliminares de áreas instaladas de geomembrana (pre caminatas)	67
4.3.3.5	Caminatas Finales de Áreas Instaladas de Geomembrana	68
5	PRESENTACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	63
5.1	Listas de Chequeo	68
5.2	Diagrama de Causa-Efecto	80
5.3	Histogramas	82
5.4	Diagrama de Pareto	68
5.5	Diagrama de Dispersión	71
5.6	Diagrama de Flujo	72
6	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	68
6.1	Conclusiones	68
6.2	Recomendaciones	69
7	BIBLIOGRAFIA	70

<i>Ilustración 1:</i>	<i>. Fases de construcción de una plataforma de lixiviación</i>	<i>7</i>
<i>Ilustración 2:</i>	<i>Definición de los criterios de calidad</i>	<i>12</i>
<i>Ilustración 3:</i>	<i>Consideraciones para evitar CNC</i>	<i>14</i>
<i>Ilustración 4:</i>	<i>Descripción de CDP Fase Operativa</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 5:</i>	<i>Descripción de CDP Fase Diseño</i>	<i>16</i>
<i>Ilustración 6:</i>	<i>Aspectos relacionados a los CDE</i>	<i>18</i>
<i>Ilustración 7:</i>	<i>Aspectos relacionados a los CFI</i>	<i>19</i>
<i>Ilustración 8:</i>	<i>Aspectos relacionados a los CFE</i>	<i>20</i>
<i>Ilustración 9:</i>	<i>Partes de la Gestión de la Calidad</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 10:</i>	<i>Alcances para los sistemas directivo y técnico</i>	<i>24</i>
<i>Ilustración 11:</i>	<i>Factores clave de la gestión de la calidad</i>	<i>25</i>
<i>Ilustración 12:</i>	<i>Factores clave de la gestión de la calidad</i>	<i>26</i>
<i>Ilustración 13:</i>	<i>Proporción de despliegue de geomembrana por empresa</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 14:</i>	<i>Proporción de pruebas iniciales (fusión) por empresa</i>	<i>64</i>
<i>Ilustración 15:</i>	<i>Proporción de pruebas iniciales (extrusión) por empresa</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 16:</i>	<i>Proporción de uniones por fusión por empresa</i>	<i>65</i>
<i>Ilustración 17:</i>	<i>Proporción de parches por extrusión por empresa</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 18:</i>	<i>Proporción de ensayos no destructivos – prueba de aire</i>	<i>66</i>
<i>Ilustración 19:</i>	<i>Proporción de ensayos no destructivos – prueba de vacío</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 20:</i>	<i>Proporción de ensayos destructivos – destructivos de fusión</i>	<i>67</i>
<i>Ilustración 21:</i>	<i>Proporción de ensayos destructivos – destructivos de extrusión</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 22:</i>	<i>Ensayos de pruebas iniciales por extrusión que fallaron – empresa A</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 23:</i>	<i>Ensayos de pruebas iniciales por fusión que fallaron – empresa A</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 24:</i>	<i>Ensayos de pruebas iniciales por fusión que fallaron – empresa B</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 25:</i>	<i>Ensayos de pruebas iniciales por extrusión que fallaron – empresa B</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 26:</i>	<i>Ensayos pasantes vs fallas – pruebas iniciales</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 27:</i>	<i>Lista de chequeo para mejorar resultados de pruebas iniciales de fusión</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 28:</i>	<i>Lista de chequeo para mejorar resultados de pruebas iniciales de extrusión</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 29:</i>	<i>Ensayos de pruebas de aire por fusión que fallaron – empresa A</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 30:</i>	<i>Ensayos de pruebas de aire por fusión que fallaron – empresa B</i>	<i>74</i>
<i>Ilustración 31:</i>	<i>Lista de chequeo para mejorar resultados de pruebas de aire - soldaduras de fusión</i>	<i>75</i>
<i>Ilustración 32:</i>	<i>Ensayos de pruebas de vacío por extrusión que fallaron – empresa A</i>	<i>76</i>
<i>Ilustración 33:</i>	<i>Ensayos de pruebas de vacío por extrusión que fallaron – empresa B</i>	<i>76</i>

<i>Ilustración 34: Lista de chequeo para mejorar resultados de pruebas de vacío – soldadura de extrusión</i>	<i>77</i>
<i>Ilustración 35: Ensayos de pruebas de chispa eléctrica por extrusión que fallaron – empresa A.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 36: Ensayos de pruebas de vacío por extrusión que fallaron – empresa B.....</i>	<i>78</i>
<i>Ilustración 37: Lista de chequeo para mejorar resultados de pruebas de chispa eléctrica – soldadura de extrusión</i>	<i>79</i>
<i>Ilustración 38: Diagrama de causa efecto para soldadura defectuosa – soldadura de fusión.....</i>	<i>80</i>
<i>Ilustración 39: Diagrama de causa efecto para soldadura defectuosa – soldadura de extrusión</i>	<i>81</i>
<i>Ilustración 40: Frecuencia por semana Empresa A – pruebas iniciales por fusión</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 41: Histograma de pruebas – pruebas iniciales de soldadura por fusión.....</i>	<i>82</i>
<i>Ilustración 42: Frecuencia por semana Empresa B – pruebas iniciales por fusión.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 43: Histograma de pruebas – pruebas iniciales de soldadura por fusión.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 44: Frecuencia por semana Empresa A – pruebas iniciales por extrusión.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 45: Histograma de pruebas – pruebas iniciales de soldadura por fusión.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 46: Frecuencia por semana Empresa B – pruebas iniciales por extrusión.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 47: Histograma de pruebas – pruebas iniciales de soldadura por fusión.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 48: Fallas de pruebas iniciales Empresa A y B – pruebas iniciales por fusión.....</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 49: Pareto de pruebas – pruebas iniciales de soldadura por fusión</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 50: Fallas de pruebas iniciales Empresa A y B – pruebas iniciales por extrusión.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 51: Pareto de fallas – pruebas iniciales de soldadura por extrusión.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 52: Reporte de observaciones al proceso (SVR) – instalación de geomembrana</i>	<i>68</i>
<i>Ilustración 53: Pareto de observaciones al proceso (SVR) – instalación de geomembrana</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 54: Reporte de observaciones al producto terminado (NCR) – instalación de geomembrana.....</i>	<i>69</i>
<i>Ilustración 55: Pareto de observaciones al producto terminado (NCR) – instalación de geomembrana.....</i>	<i>70</i>
<i>Ilustración 56: Diagrama de dispersión – soldadura por fusión.....</i>	<i>71</i>
<i>Ilustración 57: Diagrama de flujo – emisión de correspondencia</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 58: Diagrama de flujo – emisión de observaciones al proceso (SVR).....</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 59: Diagrama de flujo – emisión de observaciones al producto terminado (NCR)</i>	<i>72</i>
<i>Ilustración 60: Diagrama de flujo – proceso de instalación de geomembrana</i>	<i>73</i>
<i>Ilustración 61: Diagrama de flujo – proceso de ejecución de parches de geomembrana.....</i>	<i>74</i>
<i>Tabla 1: Definición de la variable.....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 2: Matriz de congruencia</i>	<i>4</i>
<i>Tabla 3: Sistematización del problema</i>	<i>5</i>
<i>Tabla 4: Descripción de ensayos y normas para geomembrana.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla 5: Descripción de tipos de geomembrana</i>	<i>9</i>
<i>Tabla 6: Definiciones básicas de control de calidad</i>	<i>11</i>
<i>Tabla 7: Ecuación de los costos relativos a la calidad</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 8: Implicancias de la no calidad.....</i>	<i>13</i>
<i>Tabla 9: Caso práctico Proceso de instalación de geomembrana</i>	<i>14</i>
<i>Tabla 10: Caso práctico Ensayos destructivos por fusión y extrusión.....</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 11: Ecuación de los Costos De calidad</i>	<i>15</i>
<i>Tabla 12: Ecuación de los Costos de No Calidad</i>	<i>18</i>
<i>Tabla 13: Lineamientos de los CRC en instalación de geomembrana.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla 14: Prueba de hipótesis para Lista de Chequeo</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 15: Prueba de hipótesis para Diagrama Causa - Efecto</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 16: Prueba de hipótesis para Histograma.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabla 17: Prueba de hipótesis para Diagrama de Pareto</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 18: Prueba de hipótesis para Diagrama de Dispersión</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 19: Prueba de hipótesis para Diagrama de Flujo.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabla 20: Tabla de valores para prueba de aire.....</i>	<i>60</i>
<i>Tabla 21: Ejemplo práctico de datos de prueba de aire</i>	<i>61</i>
<i>Tabla 22: Criterios de aceptación de destructivas de fusión</i>	<i>62</i>
<i>Tabla 23: Ejemplo práctico de datos de prueba de aire</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 24: Criterios de aceptación de destructivas de extrusión</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 25: Frecuencia para ensayos destructivos y no destructivos.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 26: Cuadro de despliegue de geomembrana por empresa.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 27: Número de pruebas iniciales (fusión) por empresa</i>	<i>64</i>
<i>Tabla 28: Número de pruebas iniciales (extrusión) por empresa</i>	<i>65</i>
<i>Tabla 29: Longitud de uniones por fusión por empresa.....</i>	<i>65</i>

<i>Tabla 30: Longitud de parches por extrusión por empresa.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 31: Ensayos no destructivos por empresa – prueba de aire</i>	<i>66</i>
<i>Tabla 32: Ensayos no destructivos por empresa – prueba de vacío.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 33: Ensayos destructivos por empresa – destructivos de fusión.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabla 34: Ensayos destructivos por empresa – destructivos de extrusión.....</i>	<i>68</i>

1 INTRODUCCIÓN

1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA

“*Nada cambia, todo cambia, lo único permanente es el constante cambio*”; esta frase de un autor anónimo no está lejos de la realidad en la que nos encontramos en cada espacio del tiempo. En este sentido, podemos manifestar que, ante los permanentes cambios en los diferentes escenarios sociales, salud, económicos, políticos y tecnológicos; las personas y, por ende, las empresas, estamos obligadas a cambiar el enfoque y la forma de gestionar los proyectos basándonos en el enfoque integral de calidad total. Estos cambios requieren de un sustento cultural bien marcado y se hace más fuerte en la medida que no se logre entender las oportunidades de mejoras a los que obedecen dichos cambios. Las personas, que son quienes dirigen los niveles organizacionales –y a la vez- también de manera individual, tienen que reorientar el nivel de pensamiento, actuación, decisión y vivir en constante adecuación a los cambios experimentales. Para que las personas puedan desempeñarse en la nueva cultura de calidad necesita desarrollar, entre otras cosas, las hoy denominadas habilidades blandas tanto para trabajar en equipo como familiarizarse con la utilización de procedimientos y herramientas nuevas enfocadas en el mejoramiento continuo de la gestión de calidad en la construcción de proyectos.

En una empresa u organización, la toma de decisiones debe basarse en hechos y evidencias objetivas y no en supuestos, de esta manera se disminuye el aspecto subjetivo en muchas situaciones que se toman decisiones, ya que no existe posibilidad que dos personas vean las cosas de la misma manera y, por si fuera poco, hasta una misma persona cambia en la forma de analizar y parecer constantemente en función de sus vivencias y coyuntura en la que se encuentre. Por este motivo un aspecto fundamental y muy importante del control de la calidad es la recolección, sistematización, procesamiento y análisis objetivo de datos para el estudio y mejora de un proceso o una actividad en el desarrollo de proyectos de cualquier naturaleza haciéndose mucho más notorio en proyectos de gran envergadura donde se tienen fuertes montos de inversiones.

En este contexto, las gerencias de proyectos y empresas están obligadas a buscar continuamente maneras de reducir reprocesos innecesarios, desperdicios y de mejorar la calidad de los sistemas de manera que se tengan mejores resultados; es así, como surge la necesidad de las organizaciones y gestión de proyectos de buscar herramientas, mecanismos, metodologías y estrategias basadas en la implementación de herramientas de gestión de calidad que contribuyan a la identificación, sistematización y control de las actividades durante la gestión de calidad de manera que se logre alcanzar los productos y servicios acorde con las exigencias y satisfacción de los clientes.

En nuestra región, las normas para la gestión y control de la calidad que permitan articular e integrar un adecuado control del cumplimiento de los requisitos de calidad durante la instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación en el sector de explotación minera, es limitada; no

encontramos literatura básica que nos describa de modo práctico e ilustrativo las herramientas de control de calidad para estos procesos de instalación de este material geosintético.

La instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación es una actividad muy recurrente dada su naturaleza y componente activo de la que forma parte en todo el sector de minería en nuestro país, pues se usa en grandes extensiones e implica elevados costos de inversión. Implica un proceso que requiere control minucioso durante los procesos de instalación y debe ser evaluado y monitoreado bajo el enfoque de calidad total; por lo que, las herramientas de control de calidad toman relevancia y son muy importantes para lograr múltiples beneficios que coadyuvaría con los objetivos y metas del proyecto; sin embargo, actualmente no se dispone de mucha información específica relacionada con estos aspectos.

De lo expuesto en párrafos precedentes, podemos deducir la importancia que significa conocer, interpretar y aplicar los conceptos de las herramientas de control de calidad en el desarrollo de los proyectos y así, poder identificar aquellas herramientas que nos serán útiles –según la actividad- para desarrollar un eficiente sistema de gestión de control de calidad en los procesos de instalación de geomembrana en la construcción de las plataformas de lixiviación.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el marco de la gestión de control de calidad ¿Cuáles son las *herramientas de control de calidad* que se pueden emplear en el proceso de instalación de geomembrana durante la construcción de plataformas de lixiviación?

1.3. JUSTIFICACIÓN

En el ámbito de la construcción de plataformas de lixiviación del sector minería en nuestro medio, existe limitada información respecto al estudio que contenga como base el análisis de casos e investigación las herramientas de control de calidad, y es menester de este trabajo facilitar, a modo de complementación y actualización, estas herramientas de control de calidad que pueden ser útiles para las empresas en el control y optimización de sus procesos constructivos. Sabemos que en estudios realizados por investigadores -y pioneros de los conceptos de la calidad total- como es el caso de Edwar Deming, Juran, Feigenbaum e Ishikawa, nos confirman que los impactos debido a los desperdicios, por la falta del control de calidad adecuado y oportuno, significan el 30 y 40 por ciento del total del monto facturado en el sector manufactura o –para nuestro caso- asociarlo al impacto de estos porcentajes en costo total del proyecto; lo que nos permite ver el nivel de importancia que toma las herramientas de control de calidad y su efecto ventajoso si se lo toma en cuenta e implementa en el desarrollo de la construcción de una plataforma de lixiviación. Queda claro entonces, que la parsimonia con la que se aborda el control de calidad o, en su extremo, la falta de calidad, es uno de los principales factores que conllevan numerosos desperdicios de

materiales que, en comparación con las fuertes inversiones económicas de estos proyectos de lixiviación, las empresas pierden constantemente.

Podemos afirmar entonces que, gestión de calidad total es una metodología integral que engloba todo un conjunto de procesos y áreas con sus respectivos sectores. Calidad total implica asumir responsabilidad y compromiso con la eficiencia operacional y optimización de recursos, lo cual significa adoptar una pasión y convicción por los conceptos de la mejora continua de los procesos constructivos de los proyectos. Para lograr los resultados esperados partimos de la necesidad de tener una vocación de cambio dentro la organización o proyecto, para luego fomentar las lecciones aprendidas y compartirlas hacia afuera de la organización creando así una cultura de calidad total; ello significa asumir el liderazgo, capacitación e investigación, optimizar los procesos constructivos, gestionar los costos relativos a la calidad, convocar la contratación y dirección del personal de experiencia, así como gestión en base a las herramientas de control de calidad empleadas, son solo algunos de los factores determinantes para que una empresa o equipo de proyecto sea altamente competitivo y pueda superar a sus competidores.

No obstante, y pese a lo anteriormente mencionado, el concepto y metodología de las herramientas de control de calidad existe pero no se las aplica de modo técnico en el mundo de la construcción y tal es el caso que en nuestra localidad no se viene empleando las herramientas de control de calidad durante los procesos de instalación de geomembrana; por lo que, toma mayor relevancia de nuestra investigación, y radica principalmente, en poder analizar, identificar e implementar aquellas herramientas de control de calidad más incidentes y que son útiles para lograr realizar la instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación con los estándares de la calidad total que los proyectos exigen.

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

- ✓ Identificar las herramientas de control de calidad que puedan ser aplicables durante la gestión de control de calidad en el proceso de instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación y evaluar los resultados del cumplimiento de los requisitos de calidad de los proyectos.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- i.** Identificar y determinar las herramientas de control de calidad más relevantes y aplicables en el proceso de instalación de geomembrana durante la construcción de plataformas de lixiviación.
- ii.** Determinar mediante herramientas de control el buen estado de los equipos empleados en el proceso de instalación de geomembrana durante la construcción de plataformas de lixiviación.
- iii.** Identificar las causas que ocasionan las fallas en el proceso de instalación de geomembrana en

la construcción de plataformas de lixiviación están referidas a mano de obra, métodos de trabajo, materiales, equipos y condiciones ambientales.

- iv. Conocer el intervalo de tiempo en que se dio la mayor incidencia de fallas en el proceso de instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación

1.5. HIPÓTESIS

Partimos del hecho que la teoría de las *herramientas de control de calidad* existe como esquema de gestión y se pueden aplicar durante el proceso de instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación y otros proyectos.

Para efectos de nuestro trabajo de investigación identificamos nuestra variable:

Tabla 1: Definición de la variable

VARIABLE	DESCRIPCION
HC	Herramientas de control de calidad

Fuente: Elaboración propia

Sobre nuestra base de estudio, según la variable planteada, vamos a identificar aquellas herramientas de control de calidad que son aplicables durante el proceso de instalación de geomembrana durante la construcción de plataformas de lixiviación.

En el cuadro siguiente, pasamos a detallar nuestra matriz de congruencia, así como la conjugación y operacionalización de nuestra variable planteada:

Tabla 2: Matriz de congruencia

TEMA DE INVESTIGACIÓN	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:	OBJETIVOS:	ANÁLISIS DE HIPÓTESIS:
<p>Herramientas de control de calidad en el proceso de instalación de geomembrana durante la construcción de Plataformas de Lixiviación</p>	<p>¿Dentro del sistema de gestión de control de calidad ¿Cuáles son las herramientas de control de calidad que se pueden emplear en el proceso de instalación de geomembrana durante la construcción de Plataformas de Lixiviación?</p>	<p>Objetivo General Estudiar e identificar las herramientas de control de calidad que puedan ser aplicables durante la gestión de control de calidad en el proceso de instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación de manera que contribuyan al cumplimiento de los requisitos de calidad de los proyectos.</p>	<p>Hipótesis General Las <i>herramientas de control de calidad</i> se pueden aplicar durante el proceso de instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación.</p> <p>HC = El estudio de nuestra variable planteada, permitirá identificar qué herramientas son aplicables durante el proceso de instalación de geomembrana durante la construcción de plataformas de lixiviación, para identificar fallas oportunamente y tomar acciones correctivas para optimizar procesos y costos.</p>

Fuente: Elaboración propia

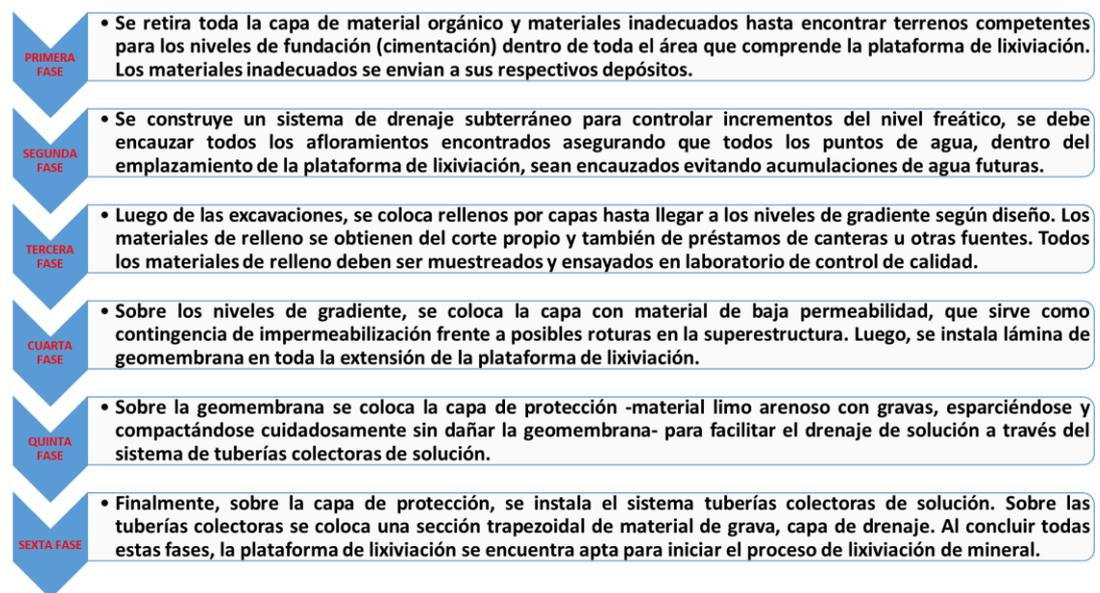
1.6. Definición de terminología básica

1.6.1 Plataforma de lixiviación

La plataforma de lixiviación (PAD) es una estructura diseñada en forma de pirámide escalonada donde se deposita material conteniendo mineral extraído. Al material depositado se le dota solución cianurada, a través de un sistema de riego por goteo, la cual disuelve el oro a medida que percola dicha solución atravesando las pilas. Luego, a través de un sistema de tuberías de colección, colocadas en la base del PAD, la solución disuelta de oro y cianuro -llamada solución rica- pasa a una poza de procesos, desde donde se bombea hacia la planta de procesos para finalmente procesar y obtener las barras de oro².

La lixiviación en pilas de minerales de oro y plata se lleva a cabo en aproximadamente 120 minas en todo el mundo. La lixiviación en pilas es uno de varios métodos de procesos alternativos para tratar minerales de metales preciosos, y se selecciona principalmente para aprovechar su bajo costo de capital en comparación con otros métodos³.

Ilustración 1: . Fases de construcción de una plataforma de lixiviación



Fuente: Elaboración propia

1.6.2 GEOMEMBRANA

1.6.2.1 Descripción

El material que conforma el revestimiento de geomembrana, en cualquiera de su tipología, se requiere una formulación de alta calidad, que debe estar compuesta aproximadamente por 97%

² La presente sección se basa en *Las especificaciones técnicas para movimiento de tierras* (KNIGHT PIESOLD CONSULTING 2016)

³ Extracto de información de la dirección electrónica <https://mineriaenlinea.com/glosario/lixiviacion/>

de polímeros y 3% de carbón negro con antioxidantes y termoestabilizadores que hacen que la geomembrana sea resistente a los rayos ultravioleta⁴.

La geomembrana que comúnmente se utiliza en la construcción de plataformas de lixiviación son del tipo alta densidad (HDPE) y baja densidad lineal (LLDPE) fabricado con productos nuevos, de primera calidad, diseñados y elaborados específicamente para contener líquidos en estructuras hidráulicas. El material terminado, luego de la fabricación, no deberá presentar agujeros, burbujas, materia prima no dispersa, o cualquier signo de contaminación por materia extraña.

La geomembrana se suministra en forma de rollos, identificado con etiquetas que indiquen: nombre del fabricante, identificación del producto, espesor, longitud, ancho y número del rollo.

Las resinas y/o soldadura de carrete o aporte de extruido deberán proceder del mismo fabricante, tal como los rollos de geomembrana y estar elaboradas con el mismo tipo de resina.

3.1.1.1 Normatividad aplicable

Para la evaluación de la geomembrana se realizará pruebas teniendo en cuenta las siguientes normas:

Tabla 4: Descripción de ensayos y normas para geomembrana

TIPO DE ENSAYO	NORMA
Espesor de la lámina	ASTM D 5199
Densidad (mínima)	ASTM D 1505
Propiedades de tracción (mínima)	ASTM D 6693
Resistencia al desgarro (mínima)	ASTM D 1004
Resistencia al punzonamiento (mínima)	ASTM D 4833
Resistencia al agrietamiento por esfuerzos	ASTM D 5397
Rango de Carbón Negro	ASTM D 1603
Dispersión de Carbón Negro	ASTM D 5596
Resistencia de las costuras	ASTM D 6392
Tiempo de Inducción de Oxidación	
OIT estándar, mínimo	ASTM D 3895
OIT Alta Presión, mínimo	ASTM D5885
Envejecimiento al horno a 85°C	ASTM D 5721
OIT estándar, mínimo (% retenido después de 90 días)	ASTM D 3895
OIT Alta Presión, mínimo (% retenido después de 90 días)	ASTM D5885

Fuente: Elaboración propia

Como parte de la gestión de control de calidad, las pruebas son realizadas por el fabricante con la supervisión de terceros acreditados. Se deberá realizar las pruebas requeridas según plazo establecido con los criterios de las normas como las especificaciones técnicas del proyecto.

3.1.1.2 Tipos de Geomembrana

La geomembrana, teniendo en cuenta características propias tiene los siguientes tipos:

⁴ La presente sección se basa en *Las especificaciones técnicas para geosintéticos (KNIGHT PIESOLD CONSULTING 2016)*

Tabla 5: Descripción de tipos de geomembrana

TIPO DE GEOMEMBRANA	NOMENCLATURA	TEXTURADO
Polietileno de alta densidad	HDPE	Simple texturado y doble texturado
Polietileno muy flexible	VFPE	Simple texturado y doble texturado
Polietileno lineal de baja densidad	LLDPE	Simple texturado y doble texturado

Fuente: Elaboración propia

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual de las herramientas de control de calidad

En nuestra actualidad la implementación de la gestión de control de calidad en base a los sistemas de calidad de la familia de normas ISO 9000, se ha incrementado significativamente en los últimos años. A pesar de esta condición, podemos identificar que no ocurre lo mismo con la implementación de los conceptos que abarca la filosofía de la calidad total tanto a nivel organizaciones tampoco a nivel de ejecución de proyectos. Ésta situación tal vez sea alguno de los factores por los que tenemos reducidos índices de conocimiento y cultura respecto a la utilización de las metodologías de gestión de la calidad y –por tanto- aplicación de las herramientas de control de calidad en la ejecución de proyectos y más específicamente durante la instalación de geomembrana en plataformas de lixiviación.

En este contexto, conocedores de la importancia que la aplicación de herramientas de control de calidad tiene en la ejecución de un proyecto, las organizaciones –en el marco de ejecución de sus proyectos- deben prestar atención y reorientar sus esfuerzos para lograr óptimos resultados lo que repercutiría alograr incremento de productividad, reducción de costos, cumplimiento de plazos, medidas preventivas y no solamente correctivas, respuestas inmediatas frente a fallas y anticipación a posibles desviaciones las mismas que se identifican con el uso de herramientas de control de calidad.

En atención que actualmente no se viene fomentando la utilización de las herramientas de control de calidad, o que su uso es limitado o muy bajo, las empresas deben incorporar estos conceptos modernos de gestión de calidad a su cultura organizaciones y difundirlos hacia la ejecución de sus proyectos más aún si se trata de empresas dedicadas al sector minería donde –por los requerimientos propios de la operaciones- su uso es fundamental para la optimización de procesos.

Siendo entonces, que el uso de geomembrana es un material inherente a las operaciones de la actividad minera y cuyo proceso de instalación debe alcanzar niveles óptimos de calidad evitando desperdicios innecesarios; ponemos a disposición una análisis estadístico del comportamiento de los resultados de los ensayos destructivos haciendo uso de las herramientas principales de control de calidad las mismas que nos ayudarán a entender los errores más comunes y tenerlos en cuenta para futuros proyectos de manera que contribuyamos a crear cultura de control de calidad fundamentado en criterios técnicos y evidencias concretas durante la construcción dentro de la triple restricción de la gestión de proyectos: alcance – costos – calidad - tiempo.

Finalmente, se ha realizado búsqueda de documentos técnicos y de investigación, encontrando poca o casi nula información respecto del uso práctico de las herramientas de control de calidad aplicado al proceso

de instalación de geomembrana, por lo que, con nuestro trabajo, contribuiremos en nuestro país al fomento y uso de estas herramientas para la obtención de mejores resultados⁵.

2.2 LOS COSTOS RELATIVOS A LA CALIDAD, COMO HERRAMIENTA PARA MEJORAR LA EFICIENCIA DE LA GESTIÓN DE CONTROL DE CALIDAD⁶

2.2.1 INTRODUCCIÓN

Los conceptos y enfoque relacionados a los Costos Relativos a la Calidad se convierten en una herramienta de mejora, que surge a partir de la necesidad de medir los resultados de acierto o deficiencias en los procesos a fin de poder identificar estos factores y determinar los costos que significan reparar y/o mejorar los procesos para el producto final.

El éxito y los resultados de un proyecto no sólo deben medirse en relación con su producto final; sino también, en términos de eficiencia y rendimientos de la inversión. La experiencia en la gestión del control de la calidad, demuestra que hay proyectos que no resultan tan exitosos como otros, los motivos son diversos; así también son diversos los momentos en que se llega a comprobarse tales problemas.

2.2.2 ASPECTO TEÓRICO

De acuerdo a la Norma Técnica Peruana NTP ISO 8402:1995 e ISO 9000:2015, se entiende por:

Tabla 6: Definiciones básicas de control de calidad

TERMINO	NTP 8402	ISO 9000
Calidad	La totalidad de las características de una entidad que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades explícitas e implícitas.	Grado en el que un conjunto de características inherentes cumple con los requisitos.
Requisitos para la calidad	Expresión de las necesidades o su traducción en un conjunto de requisitos, establecidos en términos cuantitativos o cualitativos, para las características de una entidad, con el fin de permitir su realización y su examen.	Necesidad o expectativa establecida, generalmente implícita u obligatoria.
Control de Calidad	Técnicas y actividades de carácter operativo, utilizadas para satisfacer los requisitos para la calidad.	Parte de la gestión de la calidad orientada al cumplimiento de los requisitos de la calidad.
Registros	Documentos que proveen evidencias objetivas de las actividades efectuadas o de los resultados obtenidos.	Documento que presenta resultados obtenidos o proporciona evidencia de actividades desempeñadas.

Fuente: Elaboración propia, adoptado de las normas NTP e ISO.

Para efectos del desarrollo de nuestro trabajo, hemos identificado que es muy importante: analizar, verificar e implementar; el cómo se deberían aplicar tales conceptos dentro del proceso de instalación de geomembrana durante la construcción de una plataforma de lixiviación, y comprobar en el aspecto práctico todos los beneficios alcanzados.

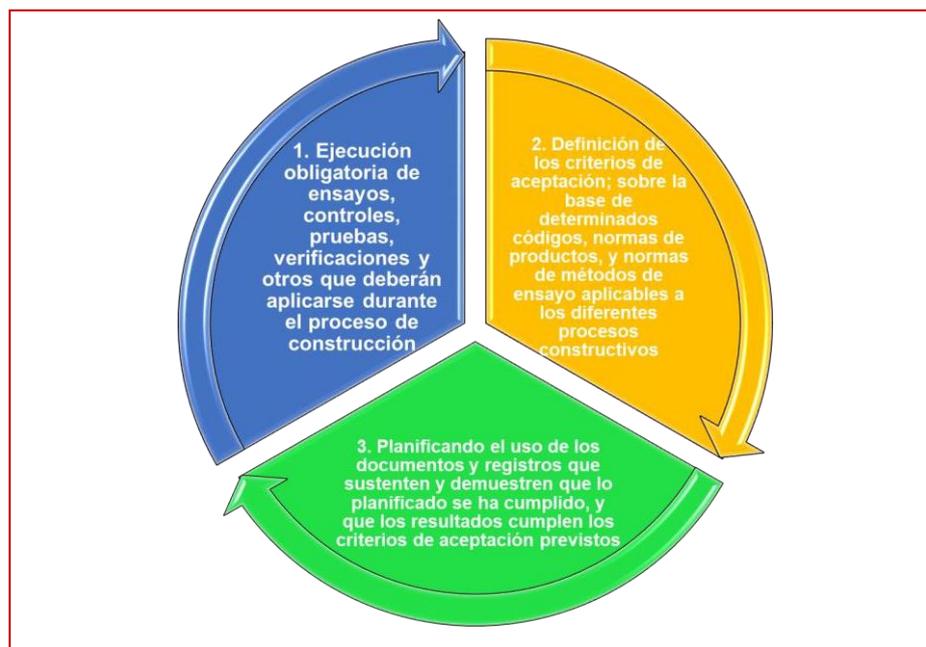
⁵ Búsqueda realizada en la web a través del catálogo en línea cybertesis <https://cybertesis.unmsm.edu.pe>

Las definiciones de calidad y requisitos para la calidad, deben aplicarse en la etapa de la concepción (diseño) de un proyecto, en especial la definición de los lineamientos de calidad, esto para definir claramente la política, así como las herramientas de control y las respectivas estrategias de calidad que se aplicarán durante la ejecución de un proyecto.

La finalidad, entonces, es poder identificar y determinar aquellas características propias de las fallas de calidad del proceso de instalación de geomembrana durante la construcción, para tomar las acciones preventivas en los futuros proyectos con lo cual este documento podría ser de ayuda para dar garantía necesaria al cumplimiento de los requisitos de calidad, satisfaciendo las necesidades explícitas (aquellas que son expresadas y definidas de manera escrita) e implícitas (aquellas que son definidas como las expectativas) siempre dentro del enfoque de satisfacción al cliente.

Durante la formulación de los requisitos de calidad que aplicará, como criterios de diseño de proyecto, tanto el proyectista como el cliente, inician el diseño del proyecto. El representante profesional es responsable de definir los requisitos cuantitativos o cualitativos de la gestión de calidad que deberá cumplirse durante la etapa de construcción del proyecto y debe hacerse bajo condiciones planificadas, y controladas sistemáticamente. En esta parte se planifica lo siguiente:

Ilustración 2: Definición de los criterios de calidad



Fuente: Elaboración propia

Los aspectos descritos en el gráfico 02, son condiciones de las actividades de carácter operativo, las mismas que deben definirse en el diseño y ejecutarse durante la construcción para comprobar

⁶ La siguiente sección ha sido extraída de Gómez Sánchez Soto (2006) y se ha adaptado acorde con nuestro trabajo materia de tesis.

cumplimiento de los requisitos de calidad. En este contexto, se pone de relieve y toma relevancia los fundamentos de la “aplicación de los costos relativos de la calidad” que deben ser aplicados durante la fase de construcción, ya que tales actividades son factores muy importantes y determinantes de los costos durante la ejecución de un proyecto.

Cabe resaltar que la aplicación de los fundamentos de los Costos Relativos de Calidad (CRC) será una herramienta fundamental como mecanismo de ayuda para el enfoque y sistematización de la aplicación de las herramientas de control de calidad para garantizar el cumplimiento de los requisitos de calidad establecidos en el proyecto.

2.2.3 COSTOS RELATIVOS DE LA CALIDAD (CRC)

Para aplicar objetivamente la definición de los costos relativos a la calidad, se tendrá la siguiente ecuación simple:

Tabla 7: Ecuación de los costos relativos a la calidad

CRC = CDC + CNC
Donde: CRC = Costos Relativos a la Calidad. CDC = Costos de Calidad. CNC = Costos de No Calidad.

Fuente: Elaboración propia

Para la aplicación oportuna de estos conceptos de los CRC, se requiere que la empresa responsable de la gestión de control de calidad, durante la etapa de construcción de un proyecto, planifique y distribuya los recursos –acorde con la magnitud del alcance del proyecto- para cumplir eficientemente con los controles, ensayos, pruebas y análisis, establecidos en las especificaciones técnicas y planos de los proyectos en ejecución; solamente con un enfoque apropiado y distribución racional de recursos, se logrará cumplir con la calidad satisfactoriamente. Cuando ocurre todo lo contrario y no se enfoca ni gestiona bajo los apropiados mecanismos de control de calidad, no se cumple los requisitos de calidad del proyecto, lo que repercutirá en procesos innecesarios, desperdicios de materiales, retrasos en los avances, todo ello en desmedro del proyecto.

Tabla 8: Implicancias de la no calidad

DESCRIPCION	IMPLICANCIA
Efectuar reprocesos	Significa reformular y rehacer los trabajos, ya ejecutados, correspondientes a una partida que haya tenido deficiencia durante su ejecución.
Reemplazo de materiales e insumos	Significa considerar la calidad de los materiales ya que su utilización de acuerdo a los análisis realizados demuestra la existencia de no conformidades en los productos finales.
Tiempo para completar trabajos retrasados	Significa que el no cumplimiento de los requisitos de calidad en el momento de ejecución de la partida analizada generará sobrecostos.

Fuente: Elaboración propia

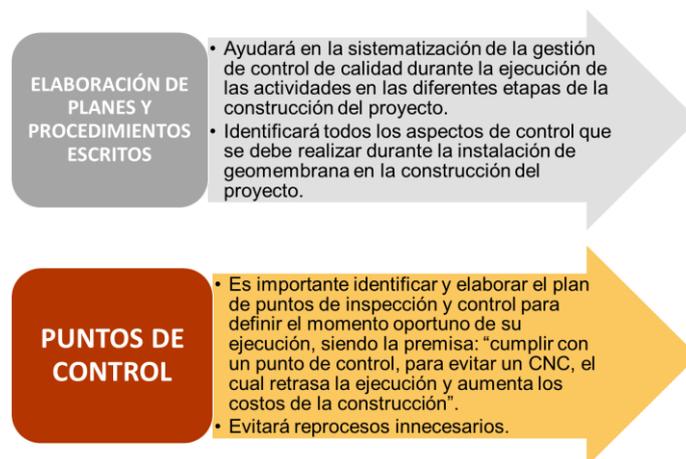
Todas estas actividades y otras más, afines a la instalación de geomembrana durante la construcción de una plataforma de lixiviación, son las que forman parte inherentes de enfoque de los Costos de la

No Calidad (CNC), generándose así el inicio de las pérdidas como resultado de una ejecución no planificada oportuna ni apropiadamente.

Es así que, para superar cualquier posibilidad de deficiencia en la gestión de control de calidad y evitar tales problemas, será necesario planificar apropiadamente los lineamientos del control de calidad para luego, implementar y poner en práctica toda una gestión del control de calidad fundamentado en los conceptos modernos de gestión de proyectos. En este sentido, nos surgen algunas interrogantes como: ¿en qué momento deben efectuarse los controles de calidad a través de sus herramientas?, ¿cómo y en qué consiste la detección de desviaciones mediante uso de las herramientas de control de calidad?, ¿qué se debe controlar con uso de las herramientas de control de calidad?, ¿qué debe registrarse y quién debe hacerlo?

A fin de responder apropiadamente a todas éstas interrogantes, es necesario prever las siguientes consideraciones:

Ilustración 3: Consideraciones para evitar CNC



Fuente: Elaboración propia

A fin de entender mejor el panorama de lo descrito en párrafos precedentes, se describe el proceso de instalación de geomembrana donde se puede verificar los pasos previos al proceso de soldadura de manera que con un control de calidad adecuado se logre óptimos resultados:

Tabla 9: Caso práctico Proceso de instalación de geomembrana

CASO	DESCRIPCION
Soldadura por fusión	Unión entre dos láminas de geomembrana.
Pasos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Prueba inicial de puesta en marcha, para calibrar equipo antes de soldar. 2. Limpieza de las áreas de contacto de las dos láminas de soldar. 3. Inicio de soldado, luego que se ha desplegado las dos láminas de geomembrana. 4. Ensayos destructivos de cupones para verificar cumplimiento de soldadura.
Cumple pasos	Cumplir pasos, permite controlar parámetros de calidad; resultado, buena soldadura entre láminas.
No cumple pasos	Al no cumplir pasos, no se tendría un criterio óptimo de calibración, tampoco la aceptación de la prueba inicial, por tanto, la soldadura probablemente será rechazada puesto que no cumplen con los requerimientos de calidad.

	Hacer la prueba después de haber realizado la soldadura no tiene ningún sentido, objetivo práctico ni técnico, y lo peor de todo es que los resultados solo serían del tipo no conformes y estos, son comprobados durante las pruebas de calidad realizadas a este tipo de soldadura. Ejemplo de CNC.
--	---

Fuente: Elaboración propia

Un segundo caso práctico, describimos el proceso de ensayos destructivos en el tensiómetro como parte de la garantía de la calidad de soldadura. En la siguiente tabla 10, se describe el ejemplo:

en los cupones: El ensayo de campo para comprobar el grado de compactación de la conformación y compactación de los materiales de rellenos utilizados en la construcción de la plataforma de lixiviación, debe hacerse antes de la aprobación de la capa para dar pase a la siguiente capa, ya que de no hacerlo podrían presentarse dos situaciones:

Tabla 10: Caso práctico Ensayos destructivos por fusión y extrusión

CASO	DESCRIPCION
Ensayos destructivos	Pruebas al esfuerzo de pelado y corte en el área de costura de la soldadura.
Pasos:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Verificar las longitudes de soldadura por fusión y extrusión para determinar la extracción de muestras para ensayos destructivos. 2. Extraer las muestras a cada 150m de longitud de las soldaduras por fusión y extrusión. 3. Verificar que el equipo de ensayo (tensiómetro) este con calibración vigente. 4. Iniciar ensayo de cupones (rotura) en el tensiómetro respectivo.
Cumple	Al presentar resultados favorables de los ensayos destructivos, se tendrá la garantía de haber realizado óptimos procesos de soldadura.
No cumple	Al presentarse resultados desfavorables, se tendrá que hacer seguimiento de las fallas y reemplazar todas las costuras observadas. En este caso, existe potenciales fallas por procesos inadecuados de soldadura, también sobre costos por reprocesos innecesarios (ejemplo de CNC).

Fuente: Elaboración propia

2.2.3.1 Costos De Calidad (CDC)

Los Costos De Calidad, son todos aquellos costos en los que debe poner mayor nivel de importancia una organización o gerente de proyecto, para asegurar el logro de la gestión de calidad satisfactoria de la obra resultante del proyecto que se ha de construir. En este contexto, debemos tener claro, que el logro del resultado será el efecto conjunto de que los productos de los procesos constructivos han cumplido con los requisitos de calidad aplicables, definidos en forma explícita en los planos y especificaciones técnicas contractuales.

Los Costos De Calidad deben contemplarse antes del inicio de la construcción de un proyecto, debido a su impacto –de no considerarlo- durante la fase de construcción. Los CDC, a su vez, comprenden dos variables importantes bajo el cual se gestiona la distribución de recursos y equipos durante la ejecución de proyectos:

Tabla 11: Ecuación de los Costos De calidad

CDC = CDP + CDE
Donde: CDC = Costos De Calidad.

CDP = Costos de Calidad de
Prevención. CDE = Costos de Calidad de

Fuente: Elaboración propia

2.2.3.1.1 Costos de Calidad De Prevención (CDP)

En el sentido amplio de este concepto, podemos mencionar que –como su nombre lo indican– costos que al contemplarse anticipadamente ayuda a identificar desviaciones de manera oportuna de modo que el nivel de actuación también es inmediato y se ataca, básicamente, a los procesos sin necesidad de llegar a tener productos terminados fuera de los cumplimientos de los requisitos de calidad de los proyectos.

Es así, que los costos de calidad de prevención que nos ayudan o permiten contemplar una cultura de prevención, durante la fase de operativa de proyectos, comprende entre otros aspectos:

Ilustración 4: Descripción de CDP Fase Operativa



Fuente: Elaboración propia

Los CDP deben ser previstos en toda la fase de ejecución del proyecto y debe ser asumido como compromiso desde la gerencia del proyecto; vale decir, desde los encargados del diseño ser puesto de conocimiento de las coordinaciones de gerencia de proyecto con la gerencia de calidad a fin de integrar todos los conceptos para el cumplimiento cabal de la calidad del proyecto. En tal sentido, todo proyectista debería tomar en cuenta en su diseño, lo siguiente:

Ilustración 5: Descripción de CDP Fase Diseño



Fuente: Elaboración propia

En tanto, para efectos del presente trabajo, materia de estudio, es importante que el encargado de definir el diseño del proyecto debe establecer y prever todas las actividades relacionadas e involucradas como parte de los CDP. Para poder determinar la dimensión y real magnitud de los CDP debe intervenir el gerente de calidad y el gerente de costos.

Acorde con los lineamientos expuestos, el responsable del diseño y el gerente de calidad deberán hacer explícitas todas las actividades que sustentarán más adelante los CDP, y de acuerdo a tales premisas el gerente de costos deberá convertir y/o valorizar, a priori, tales actividades.

En contexto con el desarrollo de lo expuesto en párrafos precedentes, se ha determinado tomar en cuenta los siguientes conceptos que se interrelacionan a fin de manejar mejor los CDP:

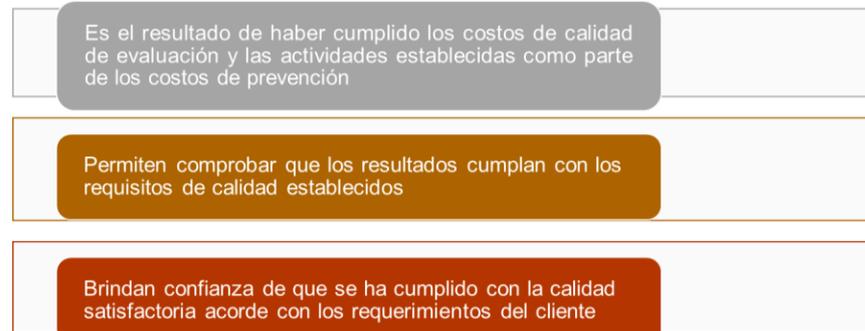
- *Costo Directo*: Concepto que engloba la sumatoria de todos los metrados como producto de los precios unitarios de cada partida por su metrado respectivo.
- *Precios Unitarios*: Concepto que toma en cuenta los recursos, tales como, mano de obra directa, materiales, equipos y herramientas.
- *Costos de Calidad*: Concepto que engloba el conjunto de las previsiones de inspecciones, pruebas, ensayos, controles, estadísticas, entre otros, aplicables a la ejecución del proyecto.

2.2.3.1.2 Costo de Calidad de Evaluación (CDE)

En contraste con los costos de calidad de prevención, los costos de calidad de evaluación son un componente importante dentro del contexto de concepción de un proyecto, así como durante la ejecución del mismo dado que nos permite ir evaluando permanentemente el desarrollo y cumplimiento de la gestión de calidad.

Los CDE también deben contemplarse desde la fase de diseño del proyecto y garantizarse su cumplimiento durante la fase operativa del proyecto. En este sentido, los CDE deben tener presente tres aspectos:

Ilustración 6: Aspectos relacionados a los CDE



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, podemos mencionar que los costos de calidad son dos variables que deben ser plenamente identificadas y tenerlas presente, con gran importancia, desde la concepción del proyecto y van a ser muy útiles durante la fase constructiva hasta el cierre del mismo. Debe entenderse que los CDC son todos aquellos costos en los que obligatoriamente se debe incurrir, siempre que prevea impactos negativos futuros, desde el inicio del proyecto, para identificar y asegurar el desarrollo y estricto cumplimiento de todos los requisitos de la calidad del proyecto a satisfacción plena de todos los interesados y actores de influencia del proyecto.

2.2.3.2 Costos de No Calidad (CNC)

En contraposición a los mencionado en los CDC, tenemos el concepto de los costos de no calidad, entendido como todos aquellos costos y/o pérdidas relativas a la calidad que no son sino los efectos resultantes por no haber identificado, establecido y ejecutado las previsiones de los CDC o simplemente por no cumplir haberse cumplido con los requisitos de calidad inherentes al proyecto y que hayan sido planificados y contemplados en el diseño del proyecto.

Los CNC comprenden dos variables de importancia a tener en cuenta como se describe en la tabla 12.

Tabla 12: Ecuación de los Costos de No Calidad

CNC = CFI + CFE
Donde: CNC = Costos de No Calidad. CFI = Costos por Fallas Internas. CFE = Costos por Fallas Externas.

Fuente: Elaboración propia

2.2.3.2.1 Costos por Fallas Internas (CFI)

Los costos por fallas internas, están relacionadas a aquellas falencias propias de la gestión de la ejecución del proyecto, por parte de los involucrados, ya sea porque no se establecieron los lineamientos de calidad en la fase de diseño del proyecto o porque no se gestionó la implementación de controles de calidad durante la ejecución del proyecto. Cuando esta condición ocurre, los impactos en cuanto a costos y plazos en el proyecto son considerables.

En ese sentido, expresamos que los costos correspondientes a las deficiencias o las fallas de orden interno resultantes, se manifiestan –entre muchos otros aspectos- a situaciones como son la falta de control oportuna en los procesos constructivos cuando el equipo de gestión de calidad no identifica los materiales y sus respectivas certificaciones de calidad, cuando se realiza procesos constructivos sin tener en cuenta los controles de calidad y repercute en re-procesos innecesarios que generan sobrecostos y así una serie de elementos que influyen y para tomarlos en cuenta debemos partir de cuatro principios elementales a tomar de guía y gestionar adecuadamente los CFI, como se describe en la Ilustración 7.

Ilustración 7: Aspectos relacionados a los CFI



Fuente: Elaboración propia

2.2.3.2.2 Costo por Fallas Externas (CFE)

Los costos de no calidad por fallas externas, están más relacionadas con los agentes externos al equipo de ejecución del proyecto. Son situaciones que salen a relucir en la fase de entrega del proyecto cuando es el cliente identifica incumplimientos de los requisitos de calidad, al momento de recepcionar el proyecto. Estas fallas se asocian a causas de ingeniería del proyecto o por detalles que el equipo de ejecución del proyecto no las cumplió lo cual tampoco fue identificada por la Supervisión encargada.

Para mitigar los impactos en los costos del proyecto, por causas de las fallas externas de calidad, se debe tener en cuenta los siguientes cuatro elementos básicos como punto de partida y a partir de ello gestionar las medidas apropiadas de control de manera que no se incurra en sobrecostos innecesarios sino más bien gestionarlos oportunamente con todos los involucrados del proyecto.

Ilustración 8: Aspectos relacionados a los CFE



Fuente: Elaboración propia

Finalmente, y para concluir con este marco y enfoque teórico de todo lo relacionado a los costos de calidad en la construcción, se describe de una manera genérica algunos aspectos relevantes que se proponen en el campo de la instalación de geosintéticos y deben tomarse en cuenta durante todo el proceso de ejecución de las actividades. Queda a criterio de los involucrados de cada proyecto poder contemplar estos aspectos y también realizar los ajustes que los alcances propios de cada proyecto requieran.

Tabla 13: Lineamientos de los CRC en instalación de geomembrana

COSTOS DE CALIDAD INSTALACION DE GEOMEMBRANA	COSTOS DE NO CALIDAD INSTALACION DE GEOMEMBRANA
COSTOS DE CALIDAD DE PREVENCIÓN <ul style="list-style-type: none"> ➤ Revisión de los alcances del diseño del proyecto ➤ Definir el equipo de gestión de calidad ➤ Definir los entregables de calidad ➤ Revisar calificaciones del personal Técnico y Supervisión de Calidad ➤ Coordinar logística de equipos y materiales ➤ Establecer los lineamientos de gestión de calidad ➤ Estandarizar los procedimientos operativos de gestión de calidad ➤ Programa de capacitación del personal en temas de gestión de calidad ➤ Implementación de herramientas y materiales de gestión de calidad 	COSTOS POR FALLAS INTERNAS <ul style="list-style-type: none"> ➤ Costos por fallas en la calidad de materiales recepcionados por el cliente ➤ Acciones correctivas por fallas en los criterios de diseño del proyecto ➤ Costos por fallas internas durante el proceso de instalación ➤ Reprocesos debido a cambios en el diseño a requerimiento del cliente ➤ Costos de fallas en el proceso de adquisiciones de materiales ➤ Costos por desperdicios innecesarios en materiales por malas prácticas ➤ Costos de ensayos por fallas y repetición de inspección y ensayos ➤ Costos de fallas por malas prácticas de la mano de obra durante los procesos
COSTOS DE CALIDAD DE EVALUACIÓN <ul style="list-style-type: none"> ➤ Evaluación de la calidad de materiales 	COSTOS POR FALLAS EXTERNAS <ul style="list-style-type: none"> ➤ Costos de investigación de reclamos del

<ul style="list-style-type: none">➤ Implementar equipos y laboratorio a pie de obra➤ Programa de calibración de equipos de laboratorio en sitio➤ Ejecución de ensayos de laboratorio acorde con normas aplicables➤ Ejecución de ensayos de campo acorde con normas aplicables➤ Estandarizar las decisiones de campo durante los procesos de instalación de geomembrana	<p>producto final entregado</p> <ul style="list-style-type: none">➤ Costos de devolución de equipos y/o productos entregados➤ Costos de movilización y/o desmovilización de equipos para reparaciones➤ Costos de penalizaciones contractuales por incumplimientos
--	---

Fuente: Elaboración propia

2.3 HERRAMIENTAS DE CONTROL DE CALIDAD EN LA GESTIÓN DE CALIDAD TOTAL

2.3.1 BREVE HISTORIA DE LA GESTIÓN DE LA CALIDAD

Los escenarios actuales en el ámbito de la gerencia de proyectos obligan a entender que una adecuada ejecución de proyectos se logrará siempre que se tenga articulados todos los componentes del alcance del proyecto. Esto es, desde la organización interna de la empresa ejecutora hasta la organización externa de todas las partes interesadas y campo de acción. Las dinámicas muy cambiantes de la gerencia requieren también que se logren modificar constantemente procedimientos operativos a fin de adecuarlos a las necesidades de los proyectos para hacerlos exitosos.

Es así que las organizaciones tendrán mayor probabilidad de éxito y de permanencia en el mercado competitivo si: 1) implementan y desarrollan una cultura de mejora continua, mediante la integración de los conceptos de la calidad total en sus sistemas de gestión y 2) analizan permanentemente el cumplimiento de las expectativas de los grupos de interesados de la organización, mejorando continuamente las operaciones y planificación de actividades.

La implementación de los sistemas de gestión de calidad no es genérica, tampoco tienen un esquema a cumplir al pie de la letra; es más bien, que cada organización debe diseñar e implementar aquellos lineamientos que, a través del mejoramiento continuo e innovación, contribuyan en mayor medida a la creación de valor en todos los aspectos. Sin embargo, es común que encontremos en la actualidad procesos de acreditación, certificación y evaluación utilizados como una forma de medir y retroalimentar a las organizaciones para que las orienten de manera que el tiempo de adecuación y – por ende – maduración sea menor y más rápidamente alcancen niveles elevados de competitividad en el mercado.

En este contexto la familia de las normas ISO 9000 se han convertido en un estándar de mayor aceptación mundial respecto a lineamientos para la implementación de sistemas de gestión de calidad. Bajo este mismo enfoque, de las consideraciones de la gestión de calidad, entra a tomar relevancia los conceptos de las herramientas de control de calidad que son aquellas técnicas de uso sencillo, pero no tan común en la gestión de proyectos y cuyo objetivo de este trabajo es identificarlos, analizarlos y demostrar la importancia en la toma de decisiones durante la solución de problemas que se presenten en los procesos de instalación de geomembrana y de esta manera alcanzar el mejoramiento continuo para mejores resultados operativos.

Walter Shewhart (1891-1967), uno de los principales personajes de esta época, entendía la calidad como un problema de variación que se podía controlar y prevenir mediante la eliminación a tiempo de las causas que lo provocaban (de reactiva a proactiva), de tal forma que la producción pudiese cumplir con la tolerancia de especificación de su diseño, sin tener que esperar a que el producto estuviera

terminado para corregir las fallas. Para lograr este objetivo, ideó las gráficas de control (herramienta de la calidad) para la gestión de la calidad.

Según Cantú Delgado, Bounds sostiene que el concepto de calidad ha transitado por diversas etapas: la de inspección (siglo XIX), la del control estadístico del proceso (década de los años treinta), la del aseguramiento de la calidad (década de los años cincuenta), y la era de la administración estratégica por calidad total (década de los años noventa). La etapa de la década de los años treinta se enfocó en el control de los procesos y se caracterizó por la aparición de métodos estadísticos para este fin, así como para la reducción de los niveles de inspección.

Entonces, el enfoque de gestión de calidad bajo el criterio de inspección dejó así de ser masiva para convertirse en inspección a base de muestreos y ensayos de todos los componentes del producto final. Para ello se requirió ardua capacitación a los inspectores de calidad en técnicas y herramientas estadísticas, que se convirtieron en la base del control de calidad.

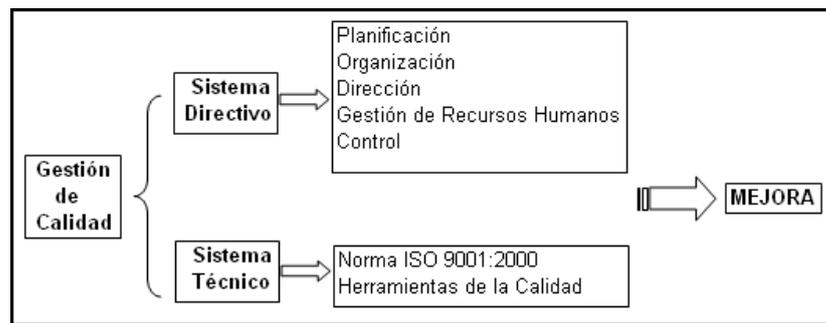
2.3.2 LAS HERRAMIENTAS DE CONTROL DE CALIDAD EN LA GESTIÓN DE LA CALIDAD

En el entorno de la gestión de calidad total, existen dos componentes principales como base de la línea de acción que son el sistema directivo y el sistema técnico. Estos dos aspectos son tan igual de importantes y complementarios que en toda gestión se requiere de una parte direccional, que organice y oriente los esfuerzos del equipo humano de gestión de calidad al cumplimiento de los objetivos de calidad plenamente alineados al diseño del proyecto y la otra parte técnica, que requiere evidenciar la sólida formación y experiencia del personal que conformará el equipo de gestión de calidad.

El sistema directivo, principalmente enfocado a las personas que señala efectuar la planificación de la calidad, la organización de recursos, el compromiso de la dirección, la gestión de personal y la identificación e implementación de las herramientas de control de calidad para alcanzar mejoras.

El sistema técnico, está referido al desarrollo, en sí, del sistema de gestión de calidad, que por lo general se toma como referencia la norma ISO 9001 y la aplicación de herramientas de control de calidad para un óptimo desarrollo de la gestión. Estaría formado por el conjunto de herramientas y técnicas que se utilizan en un sistema de calidad y que son esenciales para el proceso de control y mejora de la calidad. Entre ellas destacan las herramientas básicas de control de calidad (como el diagrama causa-efecto, el gráfico de Pareto, la lista de chequeo, los histogramas, el diagrama de dispersión y diagrama de flujo).

Ilustración 9: Partes de la Gestión de la Calidad



Fuente: Gestión de Calidad y Gestión Medioambiental (2006, 30)

El criterio del sistema técnico permite apoyar todo el proceso de control y mejora de la calidad, por tanto, no es oportuno separar o establecer una línea que lo independice o aisle del sistema directivo, sino por el contrario muchos de sus aspectos pueden incluirse en éste último, por lo que ésta diferenciación la utilizamos para aclarar conceptos entendiéndola como una clasificación amplia y abierta.

Bajo el enfoque de la implantación de ambos sistemas, el directivo y el técnico, la organización busca alcanzar niveles eficientes de satisfacción de los clientes, los interesados y la comunidad de influencia del proyecto. Estas ideas reflejan todos los aspectos que debe considerar una empresa para implantar la gestión de la calidad. En este sentido, esta implantación requiere de tres aspectos relevantes según describe la siguiente ilustración.

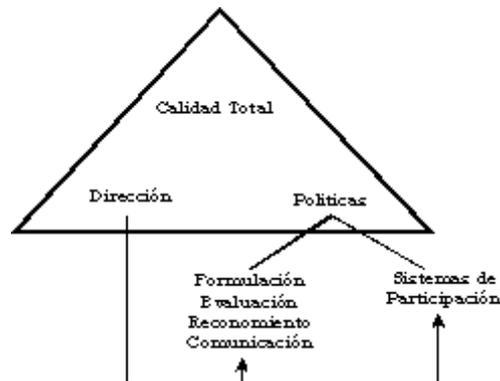
Ilustración 10: Alcances para los sistemas directivo y técnico



Fuente: Elaboración propia

Sin embargo, la experiencia y la práctica nos demuestra que muchas empresas muestran menor interés por los aspectos humanos (Moreno, 1993). Estos componentes no deben ser olvidados, puesto que el éxito de la gestión de la calidad depende principalmente de los factores humanos (Powell, 2015). En este sentido, los planteamientos de la organización del trabajo de Taylor han cambiado como muestra la organización del trabajo reflejada por la filosofía de la gestión de la calidad. Este cambio demuestra la importancia de los empleados para la mejora de la calidad, de forma que es necesario un cambio de las personas para desarrollarla. Pero este cambio parte de la dirección fomentando la involucración de los empleados con sistemas de participación y desarrollando políticas de personal acordes al nuevo sistema (Ilustración 11).

Ilustración 11: Factores clave de la gestión de la calidad.



Fuente: Gestión de Calidad y Gestión Medioambiental (2006, 31)

En consecuencia, ambas partes son necesarias para desarrollar en toda su amplitud la gestión de la calidad, pero la parte humana es la que permite interiorizar el significado de calidad y puede facilitar la consecución de ventajas competitivas.

2.3.3 HERRAMIENTAS DE CONTROL DE CALIDAD⁷

La evolución del concepto de calidad en la industria y en los servicios nos muestra que pasamos de una etapa donde la calidad solamente se refería al control final. Para separar los productos malos de los productos buenos, a una etapa de Control de Calidad en el proceso, con el lema: "La Calidad no se controla, se fabrica".

Finalmente llegamos a una Calidad de Diseño que significa no solo corregir o reducir defectos sino prevenir que estos sucedan, como se postula en el enfoque de la Calidad Total.

El camino hacia la Calidad Total además de requerir el establecimiento de una filosofía de calidad, crear una nueva cultura, mantener un liderazgo, desarrollar al personal y trabajar un equipo, desarrollara los proveedores, tener un enfoque al cliente y planificar la calidad.

Demanda vencer una serie de dificultades en el trabajo que se realiza día a día. Se requiere resolver las variaciones que van surgiendo en los diferentes procesos de producción, reducir los defectos y además mejorar los niveles estándares de actuación.

Para resolver estos problemas o variaciones y mejorar la Calidad, es necesario basarse en hechos y no dejarse guiar solamente por el sentido común, la experiencia o la audacia. Basarse en estos tres elementos puede ocasionar que en caso de fracasar nadie quiera asumir la responsabilidad.

De allí la conveniencia de basarse en hechos reales y objetivos. Además, es necesario aplicar un conjunto de herramientas estadísticas siguiendo un procedimiento sistemático y estandarizado de solución de problemas.

⁷ La siguiente sección ha sido extraída de Paz Collado (2007,7-18)

La característica común de las herramientas mencionadas es que todas son visuales, en la forma de gráficos, cartas o diagramas.

La mayoría de problemas en una organización pueden ser resueltos con el empleo de estas herramientas básicas de la calidad (si son empleadas apropiadamente).

Es muy importante hacer notar en este punto que las herramientas de por sí son inútiles si no se emplean en conjunto con un profundo conocimiento de la materia analizada. Es decir, para el análisis de los resultados de la aplicación de las herramientas se requiere contar con personal que domine el proceso que está siendo estudiado. Lo mismo ocurre con cualquier aplicación de los principios de la calidad. La calidad no puede volver viable a un negocio que no lo es. La calidad sirve para hacer mejor lo que ya sabemos hacer, potenciando nuestra rentabilidad. La calidad se sostiene en otras ciencias y disciplinas, como la Química, la Mecánica, el estudio de sistemas, etc., para poder mejorar el desempeño de un proceso, o incluso de una organización.

El objetivo de la recolección de datos

La recolección de datos implica un esfuerzo y asignación de recursos. Este esfuerzo se verá recompensado solo si estos sirven para tomar una acción. En otras palabras, no necesitamos tomar datos que no vamos a utilizar. El objetivo de la toma de datos debería ser uno de los siguientes: 1) para análisis, 2) para control y 3) para inspección.

Ilustración 12: Factores clave de la gestión de la calidad.



Fuente: Elaboración propia

Debemos revisar la data que estamos recolectando para determinar el propósito de almacenar todos estos datos. Nadie acumula datos por el hecho de tenerlos. El propósito de esta acumulación de datos debe ser el de tomar acción.

Existen dos tipos de causas que afectan a los procesos y generan variación en los productos o resultados: las causas comunes y las causas especiales. El primer tipo es aquel que se produce, aunque todos trabajen de la forma en que suelen hacerlo, es decir, acorde a los estándares. No es nada fácil determinar las causas comunes de variación. El segundo tipo, las causas especiales, pueden y debenser corregidas en cuanto son detectadas. Para ello existen métodos particulares.

Las causas comunes no están bajo ningún control técnico y son prácticamente infinitas. Tienen que ver con la naturaleza misma. Se les conoce como causas comunes porque su presencia no puede evitarse y son responsables de la variación inherente al proceso. Los gerentes o supervisores no deben responsabilizar a los operarios por los resultados que se encuentren dentro de las variaciones normales del proceso. A los límites de variación superior e inferior de un proceso cualquiera se les conoce como los "Límites de control" del proceso. Estos límites de control no guardan relación con los límites de especificación, que generalmente son impuestos por los clientes como un criterio de aceptación o rechazo de nuestros productos.

Existe otro grupo de causas que producen anomalías en el proceso y conducen a incrementos en la variabilidad. Por ejemplo, cuando ocurre un hecho que no está dentro de los estándares o cuando el operador se sale de los estándares. Estas causas se pueden eliminar a través de la tecnología aplicada por personal preparado. A este tipo de causas se les conoce como "causas especiales". Si los estándares de producción han sido establecidos de manera correcta, entonces la presencia de causas especiales sería producto de un trabajo incompleto o mal elaborado de parte del operador. Este tipo de causas indica que materiales no estándares o perturbaciones han ingresado al sistema. Ejemplos de estas causas ocurren cuando se descalibran los instrumentos de medición, cuando se emplean herramientas desgastadas, cuando no se brinda mantenimiento a las máquinas o entrenamiento adecuado a los operadores, cuando se emplea materia prima de dudosa procedencia, etc.

Cuando estas causas ocurren, es responsabilidad de la gerencia tomar acción para lograr que el trabajo se ejecute de acuerdo a los estándares o definir estos de manera apropiada.

Conocemos en total ocho herramientas de control de calidad, que son: la Lluvia de Ideas, Gráficos de Control, Listas de Chequeo, Diagrama de Causa – Efecto, Histograma, Diagrama de Pareto, Diagrama de Dispersión y Diagrama de Flujo.

Luego de esta introducción podemos empezar con las seis herramientas de control de calidad, junto con otros procedimientos para recoger, sistematizar información y que ayudan al análisis.

Las herramientas de control de calidad que hemos identificado, analizado y exponemos como parte de las estrategias para el desarrollo de una aceptable gestión de calidad durante el proceso de instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación, son las que se describen a continuación:

2.3.3.1 Listas de Chequeo

TÍTULO	DESCRIPCION
Introducción	Las listas de chequeo se usan para registrar información de manera sencilla pero precisa.
Objetivos y Alcances	<ol style="list-style-type: none"> 1. Registrar los eventos uno por uno es una tarea problemática cuando se recopila datos en el área de trabajo. Las listas de chequeo son sumamente importantes y útiles en estos casos, particularmente, cuando se estratifican los datos. Las listas permiten a los datos ser segregados y recolectados en grupos con solo hacer marcas en un papel. 2. Un sistema completo de recolección de datos proporciona información relevante, precisa, comprensible y completa. 3. Esta debe responder a las siguientes preguntas: ¿Por qué se recolectan los datos? ¿Qué datos deberán recolectarse? ¿En qué parte del proceso deberán recabarse los datos? ¿Quién recabará los datos e informará sobre los mismos? 4. Se utilizan métodos de recolección de datos para analizar los procesos, de modo que sea posible identificar, aclarar o corregir los problemas, medir los procesos para determinar su capacidad y, controlarlos de manera que puedan operar de la forma esperada.
Proceso	<p>Paso 1. Decida la variable que quiere medir, o los datos que desea obtener.</p> <p>Paso 2. Diseñe un formato en el que se pueda registrar los eventos en forma objetiva. Es decir, no debe dejarse lugar para interpretaciones subjetivas. Para esto es necesario verificar que no se utilice lenguaje ambiguo. El operador debe colocar solo marcas o responder preguntas del tipo sí-no, o colocar datos que se encuentren en intervalos predeterminados.</p> <p>Paso 3. Capacite a los operadores en el llenado de las listas de chequeo. Sométalos a prueba y evalúe el criterio con el que son llenadas las listas.</p> <p>Paso 4. El nombre del operador que registró los datos debe figurar al final de la hoja, así como la fecha en la que se tomaron los datos, para permitir la evaluación y el rastreo posterior.</p>
Utilización	<p>Los beneficios que se buscan lograr al emplear Listas de chequeo son los siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Simplificar la toma de datos. • Poder resumir la información de manera objetiva. • Tener un lenguaje común para definir lo que debe y cómo debe registrarse. • Poder almacenar ordenadamente la información • Permitir que el personal dedique más tiempo a las tareas activas

2.3.3.2 Diagrama de Causa – Efecto

TÍTULO	DESCRIPCION
Introducción	<p>El Diagrama Causa-Efecto, también llamado "Diagrama de Ishikawa" o "Diagrama de Espina de Pescado", es muy útil para la ordenación de ideas mediante el criterio de causalidad.</p> <p>La construcción sistemática de estos diagramas es capaz de ofrecer una visión sencilla y concentrada del análisis de las causas que contribuyen a una situación compleja.</p>

<p>Objetivos y Alcances</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir las reglas básicas a seguir para la construcción y la correcta interpretación de los Diagramas Causa-Efecto, resaltando las situaciones en que pueden o deben ser utilizados. 2. Es de aplicación a todas aquellas reuniones y situaciones en las que es necesario buscar y/o estructurar relaciones lógicas causa-efecto. 3. Su utilización será beneficiosa para el desarrollo de los proyectos abordados por los Equipos y Grupos de Mejora, y por todos aquellos individuos u organismos que estén implicados en la mejora de la calidad. 4. Además se recomienda su uso como herramienta de trabajo dentro de las actividades habituales de gestión.
<p>Definiciones</p>	<p>El Diagrama Causa-Efecto es una representación gráfica que muestra la relación cualitativa e hipotética de los diversos factores que pueden contribuir a un efecto o fenómeno determinado.</p>
<p>Características principales</p>	<p>Impacto visual Muestra las interrelaciones entre un efecto y sus posibles causas de forma ordenada, clara, precisa y de un solo golpe de vista.</p> <p>Capacidad de comunicación Muestra las posibles interrelaciones causa-efecto permitiendo una mejor comprensión del fenómeno en estudio, incluso en situaciones muy complejas.</p>
<p>Procedimiento</p>	<p>Paso 1. Definir, sencilla y brevemente, el efecto o fenómeno cuyas causas han de ser identificadas. El efecto identificado debe ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Específico Para que no sea interpretado de diferente forma por los miembros del grupo de trabajo, y para que las aportaciones se concentren sobre el auténtico efecto a estudiar. • No sesgado Para no excluir posibles líneas de estudio sobre el efecto objeto del análisis. Es conveniente definirlo por escrito especificando que es lo que incluye y lo que excluye. <p>Paso 2. Colocar el efecto dentro de un rectángulo a la derecha de la superficie de escritura y dibujar una flecha, que corresponderá al eje central del diagrama, de izquierda a derecha, apuntando hacia el efecto</p>  <p>Paso 3. Identificar las posibles causas que contribuyen al efecto o fenómeno de estudio. Atendiendo a las características y particularidades del grupo de trabajo y a las del problema analizado, se decidirá cuál de los dos enfoques existentes para desarrollar este paso es el más adecuado: Tormenta de Ideas Proceso lógico paso a paso En el caso de utilizar la Tormenta de Ideas la lista resultado de la sesión será la fuente primaria a utilizar en los siguientes pasos de construcción del diagrama. En el caso de utilizar un proceso lógico paso a paso, la fuente primaria serán los propios componentes del grupo, aportando sus ideas según se va construyendo el diagrama</p> <p>Paso 4. Identificar las causas principales e incluirlas en el diagrama.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En primer lugar, se identificarán las causas o clases de causas más generales en la contribución al efecto. Esta clasificación será tal que cualquier idea de los miembros del

	<p>grupo podrá ser asociada a alguna de dichas causas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En segundo lugar, se escriben en un recuadro y se conectan con la línea central <p>Paso 5. Añadir causas para cada rama principal. En este paso se rellenan cada una de las ramas principales con sus causas del efecto enunciado, es decir con causas de las causas principales. Para incluir estas en el diagrama se escriben al final de unas líneas, paralelas a la de la flecha central, conectadas con la línea principal correspondiente.</p> <p>Paso 6. Añadir causas subsidiarias para las subcausas anotadas. Cada una de estas causas se coloca al final de una línea que se traza para conectar con la línea asociada al elemento al que afecta y paralela a la línea principal o flecha central. Este proceso continúa hasta que cada rama alcanza una causa raíz. Causa raíz es aquella que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es causa del efecto que estamos analizando. • Es controlable directamente <p>Paso 7. Comprobar la validez lógica de cada cadena causal Para cada causa raíz "leer" el diagrama en dirección al efecto analizado, asegurándose de que cada cadena causal tiene sentido lógico y operativo. Este análisis asegura que la ordenación es correcta y también puede ayudar a identificar factores causales intermedios u omitidos.</p> <p>Paso 8. Comprobar la integración del diagrama Finalmente debemos comprobar, en una visión de conjunto del Diagrama la existencia de ramas principales que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tienen menos de 3 causas. • Tienen, apreciablemente, más o menos causas que las demás. • Tienen menos niveles de causas subsidiarias que las demás. <p>La existencia de alguna de estas circunstancias no significa un defecto en el diagrama, pero sugiere una comprobación a fondo del proceso.</p> <p>Paso 9. Conclusión y resultado Finalmente debemos comprobar, en una visión de conjunto del Diagrama la existencia de ramas principales que:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El resultado de la utilización de esta herramienta es un diagrama ordenado de posibles causas (teorías) que contribuyen a un efecto
<p>Interpretación</p>	<p>Un Diagrama Causa-Efecto proporciona un conocimiento común de un problema complejo, con todos sus elementos y relaciones claramente visibles a cualquier nivel de detalle. Su utilización ayuda a organizar la búsqueda de causas de un determinado fenómeno pero no las identifica y no proporciona respuestas a preguntas.</p> <p>Posibles problemas y deficiencias de interpretación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La más grave de las posibles falsas interpretaciones del Diagrama Causa-Efecto, es confundir esta disposición ordenada de teorías con los datos reales. Este diagrama es útil para desarrollar teorías, representar y contrastar su consistencia lógica, pero no sustituye su comprobación empírica. • Construcción del Diagrama sin un análisis previo de los síntomas del fenómeno objeto de estudio. En tales casos el efecto descrito puede ser muy general y estar mal definido por lo que el diagrama resultante sería innecesariamente grande, complejo y difícil de utilizar. • Deficiencias en el enunciado (sesgos) que limiten las teorías que

	<p>se exponen y consideran, pudiendo pasar por alto las causas reales que contribuyen al efecto.</p> <ul style="list-style-type: none"> Deficiencias en la identificación y clasificación de las causas principales. Esta clasificación está íntimamente ligada con la capacidad de la herramienta para la organización eficaz de la búsqueda de causas reales.
Utilización	<p>Por sus características principales la construcción de un Diagrama de Causa-Efecto es muy útil cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> Se quiere compartir conocimientos sobre múltiples relaciones de causa y efecto. <p>Por ser una ordenación de relaciones lógicas, el Diagrama de Causa-Efecto es una herramienta frecuentemente utilizada para:</p> <ul style="list-style-type: none"> Obtener teorías sobre relaciones de causa-efecto en un proceso lógico paso a paso. Obtener una estructuración lógica de muchas ideas "dispersas", como una lista de ideas resultado de una Tormenta de Ideas.

2.3.3.3 Histograma

TÍTULO	DESCRIPCION
Introducción	Los Histogramas nos permiten profundizar, más allá de su propia significación matemática, en el análisis del funcionamiento y la eficacia de procesos y procedimientos, a través de su información sobre la frecuencia de aparición de diferentes sucesos dentro de los mismos.
Objetivos y Alcances	<ol style="list-style-type: none"> Definir las reglas básicas a seguir para la construcción e interpretación de los Histogramas, resaltando las situaciones en que pueden, o deben, ser utilizados. Es de aplicación a todos aquellos estudios en que es necesario analizar la pauta de comportamiento de un determinado fenómeno en función de su frecuencia de aparición. <ul style="list-style-type: none"> Su utilización será beneficiosa para el desarrollo de los proyectos abordados por los Equipos y Grupos de mejora y por todos aquellos individuos u organismos que estén implicados en la mejora de la calidad. Además, se recomienda su uso como herramienta de trabajo dentro de las actividades habituales de gestión.
Definiciones	<p>Histograma: Es un resumen gráfico de los valores producidos por las variaciones de una determinada característica, representando la frecuencia con que se representan distintas categorías dentro de dicho conjunto.</p> <p>Estratificación: Separación de un conjunto de datos en diferentes grupos o categorías, de forma que los datos pertenecientes a cada grupo comparten unas características comunes que definen la categoría.</p> <p>Recorrido: Medida de la dispersión, correspondiente a la diferencia entre el valor máximo y el valor mínimo de un conjunto de valores</p>
Características principales	<p>Las características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.</p> <p>Síntesis Permite resumir grandes cantidades de datos.</p> <p>Análisis Permite el análisis de los datos evidenciando esquemas de comportamiento</p>

	<p>y pautas de variación que son difíciles de captar en una tabla numérica.</p> <p>Capacidad de comunicación Permite comunicar información de forma clara y sencilla sobre situaciones complejas.</p>
<p>Procedimiento</p>	<p>Paso 1. Preparación de los datos. Como en todas las herramientas de análisis de datos, el primer paso consiste en recoger estos de forma correcta o asegurarse de la adecuación de los existentes. Los datos deben ser:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Objetivos: Basados en hechos, no en opiniones. • Exactos: Debemos asegurarnos que la variabilidad en el proceso de recogida de datos (variabilidad de la medida) no desvirtúa la variabilidad del proceso en estudio. • Completos: Se debe registrar toda la información relevante asociada a cada toma de datos (máquina, hora del día, empleado, etc) en previsión de los diferentes análisis que pueden ser necesarios. • Representativos: Deben reflejar todos los diferentes hechos y circunstancias que se producen en la realidad <p>Paso 2. Determinar los valores extremos de los datos de recorrido Identificar en la tabla de datos originales el valor máximo, el valor mínimo y el recorrido ($R = V_{\text{máx}} - V_{\text{mín}}$).</p> <p>Paso 3. Definir las "clases" que contendrá el Histograma. <i>Clases:</i> Son los intervalos en que se divide la característica sobre la que se han tomado los datos. El número de clases es igual al de barras del Histograma. Dependiendo del número de clases en que agrupemos los datos perderemos más o menos información tratando de identificar la pauta de comportamiento. La tabla anterior es un buen compromiso entre la máxima sencillez de análisis y la mínima pérdida de información. La amplitud aproximada del intervalo se halla dividiendo el recorrido por el número de clases.</p> <p>Paso 4. Construir las clases anotando los límites de cada una de ellas. Los límites de la primera clase incluirán el valor mínimo de los datos. Para evitar que algunos datos coincidan con los límites de los intervalos, definir éstos de forma que tengan una cifra más detrás de la coma.</p> <p>Paso 5. Calcular la frecuencia de clase. Determinar el número de datos que están incluidos en cada una de las clases (frecuencia de clase). El recuento se hará de la siguiente forma: Empezar con el primer dato de la lista e identificar la clase en la cual está incluido. Señalar para dicha clase, un "palote". Repetir el mismo proceso para cada dato del conjunto. Para facilitar el recuento final se dibujan los "palotes" en grupos de cinco, cuatro verticales y el quinto cruzándolos. La suma de los "palotes" marcados para cada clase corresponde a la frecuencia de la misma. Comprobar que el número total de datos es igual a la suma de las frecuencias de cada clase.</p> <p>Paso 6. Dibujar y rotular los ejes. El eje vertical representa las frecuencias, por tanto, en él se rotularán números naturales, dependiendo su valor y escala del número de datos que</p>

	<p>se han tomado. El eje horizontal representa la magnitud de la característica medida por los datos. Este eje se divide en tantos segmentos iguales como clases se hayan definido. Rotular los límites de los intervalos de clase. Rotular el eje con la característica representada y las unidades de medida empleadas</p> <p>Paso 7. Dibujar el Histograma Dibujar las barras verticales correspondientes a cada clase. Su base está situada en el eje horizontal y su altura corresponderá a la frecuencia de la clase representada.</p> <p>Paso 8. Rotular el Gráfico Cuando proceda, poner el título, las condiciones en que se han recogido los datos, los límites de tolerancia nominales, etc. Estas notas ayudan a los demás a interpretar el gráfico y sirven de recordatorio de la fuente de los datos.</p>
<p>Interpretación</p>	<p>Un Diagrama Causa-Efecto proporciona un conocimiento común de un Uno de los propósitos del análisis o interpretación de un Histograma es identificar y clasificar la pauta de variación del conjunto de datos estudiado (valor medio, recorrido, forma) y elaborar una explicación admisible y relevante para dicha pauta, que relacione la variación con el proceso o fenómeno en estudio. El resultado de este análisis es una teoría sobre el funcionamiento del proceso o sobre la causa del problema que se está investigando. Por ser una teoría es necesario confirmarla o rechazarla, recogiendo otros datos que nos den información más específica sobre dicha teoría. La experiencia y habilidad del grupo de trabajo en la interpretación son fundamentales en la utilización de esta herramienta, puesto que no existen reglas fijas que se puedan utilizar para explicar de forma precisa las pautas de variación en cualquier situación. Los equipos de trabajo deben profundizar en el conocimiento del proceso en estudio para utilizar esta herramienta de forma eficaz.</p> <p>Posibles problemas y deficiencias de interpretación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Si los datos utilizados no son adecuados (sesgados, inexactos, anticuados, poco significativos, etc.) las conclusiones no reflejarán la situación real. • Otra deficiencia en las conclusiones obtenidas del Histograma puede provenir de una muestra pequeña y poco representativa. Como regla práctica se deberán recoger al menos cuarenta observaciones para cada uno de los Histogramas que se desee realizar. En los casos en que esto no sea posible se deberán utilizar otros tipos de herramientas o consultar con un experto en estadística que diseñe un plan de muestreo y comprobación de hipótesis adecuada. • Aceptar las conclusiones del análisis como hechos. La interpretación de un Histograma es una simple teoría y por tanto deberá ser confirmada posteriormente mediante el análisis adicional y la observación de los hechos reales.
<p>Utilización</p>	<p>En un proceso de solución de problemas hay dos puntos en los que la construcción y el análisis de Histogramas pueden ser muy útiles:</p> <p>Para la identificación de las Causas Raíz. Se empieza generalmente el análisis con un Histograma de todos los datos</p>

	<p>del problema. El análisis de la pauta de variación de estos datos y generalmente futuras estratificaciones conducen, paso a paso, a la identificación de las Causas Raíz.</p> <p>Para el seguimiento de los avances en las acciones de mejora de la calidad. Se construyen con este fin Diagramas Antes-y-Después, teniendo cuidado de mantener la consistencia de la escala horizontal (= igual tamaño para intervalos iguales en los dos gráficos) y representando conjuntamente los dos Histogramas.</p>
--	---

2.3.3.4 Diagrama de Pareto

TÍTULO	DESCRIPCION
Introducción	El Diagrama de Pareto nos resaltar la diferente importancia de los factores o elementos que contribuyen a un efecto.
Objetivos y Alcances	<ol style="list-style-type: none"> Definir las reglas básicas a seguir para la construcción y la utilización del Diagrama de Pareto, resaltando las situaciones en que puede o debe ser utilizado. Es de aplicación a aquellos estudios o situaciones en que es necesario priorizar la información proporcionada por un conjunto de datos o elementos. <p>Su utilización será beneficiosa para el desarrollo de los proyectos abordados por los Equipos y Grupos de Mejora y por todos aquellos individuos u organismos implicados en la mejora de la calidad.</p> <p>Además, se recomienda su uso como herramienta de trabajo dentro de las actividades habituales de gestión.</p>
Definiciones	<p>Las Tablas y Diagramas de Pareto son herramientas de representación utilizadas para visualizar el Análisis de Pareto.</p> <p>El Diagrama de Pareto es la representación gráfica de la Tabla de Pareto correspondiente.</p> <p>El Análisis de Pareto es una comparación cuantitativa y ordenada de elementos o factores según su contribución a un determinado efecto.</p> <p>El objetivo de esta comparación es clasificar dichos elementos o factores en dos categorías: Las "Pocas Vitales" (los elementos muy importantes en su contribución) y los "Muchos Triviales" (los elementos poco importantes en ella).</p>
Características principales	<p>A continuación, se comentan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.</p> <p>Priorización Identifica los elementos que más peso o importancia tienen dentro de un grupo.</p> <p>Unificación de Criterios Enfoca y dirige el esfuerzo de los componentes del grupo de trabajo hacia un objetivo prioritario común.</p> <p>Carácter objetivo Su utilización fuerza al grupo de trabajo a tomar decisiones basadas en datos y hechos objetivos y no en ideas subjetivas.</p>
Procedimiento	<p>Paso 1. Preparación de los datos.</p> <p>Como en todas las herramientas de análisis de datos, el primer paso consiste en recoger los datos correctos o asegurarse de que los existentes lo son.</p> <p>Para la construcción de un Diagrama de Pareto son necesarios:</p> <ul style="list-style-type: none"> Un efecto cuantificado y medible sobre el que se quiere priorizar

	<p>(Costes, tiempo, número de errores o defectos, porcentaje de clientes, etc.).</p> <ul style="list-style-type: none"> • Una lista completa de elementos o factores que contribuyen adicho efecto (tipos de fallos o errores, pasos de un proceso, tiposde problemas, productos, servicios, etc.). • La magnitud de la contribución de cada elemento o factor al efecto total. Estos datos, deberán ser: objetivos, consistentes y representativos. <p>Paso 2. Cálculo de las contribuciones parciales y totales. Ordenación de los elementos o factores incluidos en el análisis Para cada elemento contribuyente sobre el efecto, anotar su magnitud. Ordenar dichos elementos de mayor a menor, según la magnitud de su contribución. Calcular la magnitud total del efecto como suma de las magnitudes parciales de cada uno de los elementos contribuyentes.</p> <p>Paso 3. Calcular el porcentaje y el porcentaje acumulado, para cada elemento de la lista ordenada. El porcentaje de la contribución de cada elemento se calcula:</p> <table border="1" data-bbox="544 831 1455 871"> <tr> <td data-bbox="544 831 1455 871"> $\% = (\text{magnitud de la contribución} / \text{magnitud del efecto total}) \times 100$ </td> </tr> </table> <p>Una vez completado este paso tenemos construida la Tabla de Pareto.</p> <p>Paso 4. Trazar y rotular los ejes del Diagrama. El eje vertical izquierdo representa la magnitud del efecto estudiado. Debe empezar en 0 e ir hasta el valor del efecto total. Rotularlo con el efecto, la unidad de medida y la escala. La escala debe ser consistente, es decir variar según intervalos constantes. Las escalas de gráficos que se compararán entre sí, deben ser idénticas (Nota: Prestar especial cuidado a las escalas automáticas de los gráficos por ordenador). El eje horizontal contiene los distintos elementos o factores que contribuyen al efecto. Dividirlo en tantas partes como factores existan y rotular su identificación de izquierda a derecha según el orden establecido en la Tabla de Pareto. El eje vertical derecho representa la magnitud de los porcentajes acumulados del efecto estudiado. La escala de este eje va desde el 0 hasta el 100%. El cero coincidirá con el origen y el 100% estará alineado con el punto, del eje vertical izquierdo, que representa la magnitud total del efecto.</p> <p>Paso 5. Dibujar un Gráfico de Barras que representa el efecto de cada uno de los elementos contribuyentes. La altura de cada barra es igual a la contribución de cada elemento tanto medida en magnitud por medio del eje vertical izquierdo, como en porcentaje por medio del eje vertical derecho.</p> <p>Paso 6. Trazar un Gráfico Lineal cuyos puntos representan el porcentaje acumulado de la Tabla de Pareto. Marcar los puntos del gráfico en la intersección de la prolongación del límite derecho de cada barra con la magnitud del porcentaje acumulado correspondiente al elemento representado en dicha barra.</p> <p>Paso 7. Señalar los elementos "Pocos Vitales" y los "Muchos Triviales" Trazar una línea vertical que separa el Diagrama en dos partes y sirve para visualizar la frontera entre los "Pocos Vitales" y los "Muchos Triviales", basándonos en el cambio de inclinación entre los segmentos lineales correspondientes a cada elemento. Rotular las dos secciones del Diagrama.</p>	$\% = (\text{magnitud de la contribución} / \text{magnitud del efecto total}) \times 100$
$\% = (\text{magnitud de la contribución} / \text{magnitud del efecto total}) \times 100$		

	<p>Rotular el porcentaje acumulado del efecto correspondiente al último elemento incluido en la sección "Pocos Vitales".</p> <p>Paso 8. Rotular el título del Diagrama de Pareto</p> <p>Cuando proceda, poner el título, las condiciones en que se han recogido los datos, los límites de tolerancia nominales, etc. Estas notas ayudan a los demás a interpretar el gráfico y sirven de recordatorio de la fuente de los datos.</p>
<p>Interpretación</p>	<p>El objetivo del Análisis de Pareto es utilizar los hechos para identificar la máxima concentración de potencial del efecto en estudio (Magnitud del problema, costes, tiempo, etc) en el número mínimo de elementos que a él contribuyen.</p> <p>Con este análisis buscamos enfocar nuestro esfuerzo en las contribuciones más importantes, con objeto de optimizar el beneficio obtenido del mismo.</p> <p>Posibles problemas y deficiencias de interpretación.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Al dibujar el Diagrama de Pareto, vemos que este no permite realizar una clara distinción entre los diferentes elementos o categorías que contribuyen al efecto, por los siguientes motivos: <ul style="list-style-type: none"> • Todas las barras del Diagrama son más o menos de la misma altura. • Se requieren más de la mitad de las categorías para tener en cuenta más del 60% del efecto total. • En cualquier caso, parece que el Principio de Pareto no es aplicable al caso en estudio. Esta circunstancia es altamente improbable ya que dicho principio ha demostrado su validez en miles de casos. En general, estas circunstancias son debidas a una elección deficiente de los elementos o categorías utilizados para el análisis. • Debe probarse una nueva estratificación de los datos y repetirse en base a esta última el análisis. • Obtención de priorizaciones erróneas debido a deficiencias en los datos iniciales (Los datos no eran objetivos, consistentes, representativos y/o verosímiles). Deberán conseguirse nuevos datos sujetos a dichas condiciones. • Uno de los elementos "Pocos Vitales" es la categoría "Varios". En este caso se debe replantear la clasificación de categorías realizada profundizando en el fenómeno o efecto estudiado y repetir el análisis efectuado.
<p>Utilización</p>	<p>El Análisis de Pareto sirve para establecer prioridades y para enfocar y dirigir las acciones a desarrollar posteriormente.</p> <p>Por otra parte, permite basar la toma de decisiones en parámetros objetivos, por tanto, permite unificar criterios y crear consenso.</p> <p>Utilización en las fases del proceso de solución de problemas:</p> <p>Este Análisis es aplicable en todos los casos en que se deban establecer prioridades para no dispersar el esfuerzo y optimizar el resultado de dicha inversión. En particular:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Para asignar prioridades a los problemas durante la definición y selección de proyectos. • Para identificar las causas claves de un problema. • Para comprobar los resultados de un grupo de trabajo una vez implantada la solución propuesta por el mismo. <p>A este fin se compara el Diagrama de Pareto de la situación inicial con el de la situación actual y se comprueba que la contribución de los elementos inicialmente más importantes haya disminuido notablemente</p>

2.3.3.5 Diagrama de Dispersión

TÍTULO	DESCRIPCION
Introducción	El diagrama de Dispersión nos permite analizar la existencia de una relación lógica entre dos variables.
Objetivos y Alcances	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer y definir las reglas básicas a seguir para la construcción e interpretación de los diagramas de dispersión, resaltando las situaciones en que pueden, o deben, ser utilizados. 2. Los diagramas de dispersión son de fácil aplicación a todos aquellos estudios en los que es necesario analizar relaciones entre fenómenos o efectos y sus respectivas relaciones de causalidad. <p>La utilización de esta herramienta será beneficiosa para el desarrollo de los proyectos y contribuye a la gestión de control de calidad puesto que permite identificar los fenómenos y sus respectivas relaciones entre sí a fin de mejorar y resolver las situaciones críticas por todos aquellos individuos e interesados que estén implicados en el proceso de la mejora de la calidad. Además, se recomienda su uso como herramienta de trabajo dentro de las actividades habituales de gestión.</p>
Definiciones	<p>Diagrama de Dispersión Se denomina así a la representación gráfica del grado de relación entre dos variables cuantitativas.</p> <p>Correlación Se entiende por correlación al grado de relación existente entre dos variables. Cuando entre dos variables existe una correlación total, se cumple que a cada valor de una, le corresponde un único valor de la otra (función matemática). Es frecuente que dos variables estén relacionadas de forma que a cada valor de una de ellas le correspondan varios valores de la otra. En este caso es interesante investigar el grado de correlación existente entre ambas.</p> <p>Estratificación Esta fase consiste en separar un conjunto de datos en diferentes grupos o categorías, de forma que los datos pertenecientes a cada grupo compartan características comunes que definen la categoría.</p>
Características principales	<p>A continuación, se comentan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.</p> <p>Impacto visual Un diagrama de dispersión muestra la posibilidad de la existencia de correlación entre dos variables de una manera rápida y sencilla.</p> <p>Comunicación Esta es una fase en la que se simplifica el análisis de situaciones numéricas complejas.</p> <p>Guía en la investigación El análisis de datos mediante esta herramienta proporciona mayor información que el simple análisis matemático de correlación, sugiriendo posibilidades y alternativas de estudio, basadas en la necesidad de conjugar datos y procesos en su utilización.</p>
Procedimiento	<p>Paso 1. Elaborar una teoría admisible y relevante sobre la supuesta relación entre dos variables. Este paso previo es de gran importancia, puesto que el análisis de un diagrama de dispersión permite obtener conclusiones sobre la existencia de</p>

una relación entre dos variables, no sobre la naturaleza de dicha relación.

Paso 2. Obtener los pares de datos correspondientes a las dos variables

Al igual que en cualquier otra herramienta de análisis de datos, éstos son la base de las conclusiones obtenidas, por tanto, cumplirán las siguientes condiciones:

- En cantidad suficiente: Se consideran necesarios al menos 40 pares de datos para construir un Diagrama de Dispersión.
- Datos correctamente emparejados: Se estudiará la relación entre ambos.
- Datos exactos: Las inexactitudes afectan a su situación en el diagrama desvirtuando su apariencia visual.
- Datos representativos: Asegúrese de que cubren todas las condiciones operativas del proceso.
- Información completa: Anotar las condiciones en que han sido obtenidos los datos

Paso 3. Determinar los valores máximo y mínimo para cada una de las variables.

Paso 4. Decidir sobre qué eje representará a cada una de las variables.

Si se está estudiando una posible relación causa-efecto, el eje horizontal representará la supuesta causa

Paso 5. Trazar y rotular los ejes horizontal y vertical.

La construcción de los ejes afecta al aspecto y a la consiguiente interpretación del diagrama.

- Los ejes han de ser aproximadamente de la misma longitud, determinando un área cuadrada.
- La numeración de los ejes ha de ir desde un valor ligeramente menor que el valor mínimo de cada variable hasta un valor ligeramente superior al valor máximo de las mismas. Esto permite que los puntos abarquen toda el área de registro de los datos.
- Numerar los ejes a intervalos iguales y con incrementos de la variable constantes.
- Los valores crecientes han de ir de abajo a arriba y de izquierda a derecha en los ejes vertical y horizontal respectivamente.
- Rotular cada eje con la descripción de la variable correspondiente y con su unidad de medida.

Paso 6. Marcar sobre el diagrama los pares de datos.

- Para cada par de datos localizar la intersección de las lecturas de los ejes correspondientes y señalarlo con un punto o símbolo. Si algún punto coincide con otro ya existente, se traza un círculo concéntrico a este último.
- Cuando coinciden muchos pares de puntos, el diagrama de dispersión puede hacerse confuso. En este caso es recomendable utilizar una "Tabla de Correlación" para representar la correlación.
- En el caso en que se construye un Diagrama de Dispersión estratificado separando los pares de datos, por ejemplo, según el turno de trabajo, lote de materia prima, etc.), deben escogerse símbolos que pongan de manifiesto los diferentes grupos de puntos de forma clara.

Paso 7. Rotular el gráfico

Se rotula el título del gráfico y toda aquella información necesaria para su correcta comprensión.

En general, es conveniente incluir una descripción adicional del objeto de las medidas y de las condiciones en que se han realizado, ya que esta

<p>Interpretación</p>	<p>información puede ayudar en la interpretación del diagrama.</p> <p>Posibles tipos de relaciones entre variables.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relaciones causa - efecto: <ul style="list-style-type: none"> • Este es el caso más común en su utilización para la mejora de la calidad. Se utiliza el diagrama a partir de la medición del efecto observado y de su posible causa. • Ejemplo: <i>Comprobar la relación entre el número de errores y la hora en que se cometen en los diferentes ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y geosintéticos.</i> • Relaciones entre dos efectos. <ul style="list-style-type: none"> • Sirve para contrastar la teoría de que ambos provienen de una causa común desconocida o difícil de medir. • Ejemplo: <i>Analizar la relación entre el número de problemas en obra y el consecuente aumento/disminución de la producción, suponiendo que los dos dependen del nivel en que hay que satisfacer al cliente.</i> • Posibilidad de utilizar un efecto como sustituto de otro <ul style="list-style-type: none"> • Se puede utilizar para controlar efectos difíciles o costosos de medir, a través de otros con medición más simple. • Ejemplo: <i>Estudiar la relación existente entre reducción de costos y satisfacción del cliente para utilizar el parámetro de más fácil medición en la evaluación de las actividades de planificación.</i> • Relaciones entre dos posibles causas <ul style="list-style-type: none"> • Sirve para actuar sobre efectos de forma más simple o adecuada y para analizar procesos complejos. • Ejemplo: <i>Analizar la relación entre el porcentaje idóneo de contenido en potasio de un fertilizante y la cantidad media de lluvia recogida en la zona de cultivo, puesto que ambos elementos influyen en la calidad del vino y el régimen de lluvias no puede ser modificado</i> <p>Posibles problemas y deficiencias de interpretación</p> <ul style="list-style-type: none"> • Correlación sin soporte lógico <ul style="list-style-type: none"> • Los Diagramas de Dispersión muestran solamente relaciones, no prueban relaciones causales. Ha de haber una explicación lógica y admisible para establecer una relación causa-efecto. • Recorrido de los datos <ul style="list-style-type: none"> • En el análisis del Diagrama se limitará su interpretación al recorrido de las observaciones. Generalizar las pautas de correlación para valores fuera de los límites del Grafico puede llevar a conclusiones completamente erróneas. Si se necesita conocer la relación entre dos variables para un rango de valores determinado, hay que obtener datos alrededor de ese rango. • Efecto de la escala <ul style="list-style-type: none"> • Las escalas de los dos ejes influyen notablemente sobre la interpretación del Diagrama de Dispersión. • Escalas deficientes en alguno de los ejes puede enmascarar una relación o hacer ver relaciones inexistentes. • Factores de confusión <ul style="list-style-type: none"> • Con el Diagrama de Dispersión tratamos de estudiar una relación entre dos variables. Debemos asegurarnos de que la correlación
------------------------------	---

	<p>que observamos no sea debida a una variable distinta de la que estamos registrando.</p> <ul style="list-style-type: none"> • La forma ideal para tratar los factores de confusión es antes de la recopilación de datos. Identificar los posibles factores de confusión y disponer la toma de datos de forma que se mantengan razonablemente constantes. • Los factores de confusión se medirán en la toma de datos, y si no ha sido posible mantenerlos constantes, se construirá un diagrama de dispersión estratificado según las condiciones de dichos factores. • Problemas con los datos <ul style="list-style-type: none"> • Si los datos son deficientes, la interpretación del Diagrama de Dispersión tiene, por fuerza, que ser deficiente.
Utilización	<p>El Diagrama de Dispersión es una herramienta útil para comprobar (aceptar o rechazar) teorías respecto a la supuesta existencia de una relación entre dos variables.</p> <p>Utilización en las fases de un proceso de solución de problemas</p> <p>Hay tres puntos de dicho proceso en los que el Diagrama de Dispersión puede ser una herramienta útil:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durante la fase de diagnóstico, para ensayar teorías sobre las causas e identificar las causas raíz. • Durante la fase de corrección, en el diseño de soluciones. • Para el diseño de un sistema de control que mantenga los resultados de una acción de mejora de la calidad.

2.3.3.6 Diagrama de Flujo

TÍTULO	DESCRIPCION
Introducción	El Diagrama de Flujo ó Flujograma, consiste en expresar gráficamente las distintas operaciones que componen un procedimiento o parte de este, estableciendo su secuencia cronológica.
Objetivos y Alcances	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definir las reglas básicas a seguir para la construcción y la correcta interpretación de los Diagramas de Flujo, resaltando las situaciones en que pueden, o deben, ser utilizados. 2. Es de aplicación a todos aquellos estudios en los que un grupo de trabajo necesita conseguir un conocimiento sobre el funcionamiento de un proceso determinado que sirva como base común para todos sus componentes o se debe realizar un análisis sistemático del mismo. <p>La utilización de esta herramienta será beneficiosa para el desarrollo de los proyectos y contribuye a la gestión de control de calidad puesto que permite identificar los fenómenos y sus respectivas relaciones entre sí a fin de mejorar y resolver las situaciones críticas por todos aquellos individuos e interesados que estén implicados en el proceso de la mejora de la calidad. Además, se recomienda su uso como herramienta de trabajo dentro de las actividades habituales de gestión.</p>
Definiciones	El diagrama de flujo es una representación gráfica de la secuencia de pasos que se realizan para obtener un cierto resultado. Este puede ser un producto, un servicio, o bien una combinación de ambos.
Características principales	<p>A continuación, se comentan una serie de características que ayudan a comprender la naturaleza de la herramienta.</p> <p>Capacidad de Comunicación</p> <p>Permite la puesta en común de conocimientos individuales sobre un</p>

	<p>proceso, y facilita la mejor comprensión global del mismo.</p> <p>Claridad Proporciona información sobre los procesos de forma clara, ordenada y concisa.</p>
<p>Procedimiento</p>	<p>Paso 1. Establecer quiénes deben participar en su construcción. El grupo de trabajo, o la persona responsable del estudio identificará los organismos implicados en el proceso, o parte del mismo, que debe ser analizado. Se invitará a un representante de dichos organismos a participar en la construcción del diagrama de flujo</p> <p>Paso 2. Preparar la logística de la sesión de trabajo Con el único propósito de que el ritmo de las sesiones de trabajo sea el adecuado se debe prever:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Proporcionar toda la información necesaria a los participantes en la reunión sobre el objeto de la misma y sobre este procedimiento. • Preparar ambientes adecuados y facilitar los materiales necesarios de escritura que permitan tener a la vista continuamente el trabajo desarrollado con los avances respectivos. <p>Paso 3. Definir claramente la utilización del Diagrama de Flujo y el resultado que se espera obtener de la sesión de trabajo.</p> <ul style="list-style-type: none"> • En primer lugar, es necesario clarificar el objetivo de la construcción del Diagrama de Flujo y escribirlo de forma que sea visible para los participantes durante toda la sesión. • Esta clarificación permitirá definir el grado de detalle y la estructura que se requieren en el diagrama para poder alcanzar dicho objetivo. <p>Paso 4. Definir los límites del proceso en estudio. La mejor forma de definir y clarificar dicha definición de los límites del proceso es decidir cuáles son el primer y último pasos del Diagrama de Flujo. <i>El primer paso es la respuesta a la pregunta: ¿Qué nos indica que empieza el proceso?</i> <i>El último paso debe contestar a la pregunta: ¿Cómo sabemos que el proceso ha terminado?</i> Escribir estos pasos expresándolos de forma clara y concisa e incluirlos en la superficie de escritura. (El primer paso en el borde izquierdo o superior de la misma y el último paso en el borde derecho o inferior).</p> <p>Paso 5. Esquematizar el proceso en grandes bloques o áreas de actividades. La construcción de los ejes afecta al aspecto y a la consiguiente Identificar los grupos de acciones más relevantes del proceso y establecer su secuencia temporal. Esta esquematización global del proceso a analizar servirá de ayuda para guiar el proceso de construcción del diagrama.</p> <p>Paso 6. Identificar y documentar los pasos del proceso. Esta actividad puede comenzar, tanto por el primer paso del proceso, como por el último, no existiendo ningún criterio que indique mayor eficacia en alguno de los dos enfoques. Sea cual sea la dirección en que se realice, si se considera útil, realizar una revisión en la dirección contraria. Las preguntas a realizar para la identificación y documentación de los pasos del proceso son las siguientes:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Existen entradas significativas asociadas con este paso, tales como materias primas, información, etc? <i>Señalar estas entradas, por medio de los símbolos apropiados, en el</i>

	<p><i>diagrama.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Existen resultados significativos como consecuencia de este paso, tales como información, etc? <i>Señalar estos resultados, por medio de los símbolos apropiados, en el diagrama.</i> • Una vez realizado este paso, ¿cuál son las actividades inmediatamente siguientes que debemos realizar? <i>Señalar estas actividades, mediante el símbolo apropiado, en el diagrama.</i> <p>Partiendo del primer paso, realizar este proceso hasta alcanzar el último o viceversa. Dibujar el proceso con exactitud disponiendo el flujo principal siempre de arriba abajo o de izquierda a derecha</p> <p>Paso 7. Realizar el trabajo adecuado para los puntos de decisión o bifurcación Cuando se llega a un paso en el que existe un punto de decisión o de bifurcación:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Escribir la decisión o alternativa de acuerdo con la simbología utilizada e identificar los posibles caminos a seguir mediante la notación adecuada. <i>En general, cuando se trata de una toma de decisión, se incluye dentro del símbolo una pregunta y la notación de las dos ramas posibles correspondientes se identifican con la notación SI/NO.</i> • Escoger la rama más natural o frecuente de la bifurcación y desarrollarla, según lo dispuesto en el "Paso 6", hasta completarla. • Retroceder hasta la bifurcación y desarrollar el resto de las ramas de igual modo. <p>Paso 8. Revisar el diagrama completo Comprobar que no se han omitido pasos, pequeños bucles, etc. y que el proceso tiene una secuencia lógica. En caso de que existan dudas sobre parte del proceso representado, realizar una observación directa del proceso o contactar con expertos de esa área para su aclaración. El resultado final de este paso es el Diagrama de Flujo del proceso en estudio.</p>
<p>Interpretación</p>	<p>Comprensión del proceso: Una de las aplicaciones del diagrama de flujo es la obtención de un conocimiento global y específico de un proceso. Esta herramienta posibilita un conocimiento común que sirva de base para un determinado estudio, planificación, etc.</p> <p>Análisis del proceso Otra de las aplicaciones del Diagrama de Flujo es como herramienta de análisis del proceso, facilitando información sobre posibilidades de mejora del mismo. Para el análisis de procesos mediante esta herramienta se seguirá la siguiente secuencia:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Examinar cada símbolo de toma de decisión o de actividad de control. Cuando una decisión implica algún tipo de comprobación, existe un bucle que hace retroceder el proceso hasta un paso anterior en un determinado porcentaje de las ocasiones en que este se realiza. Deberán plantearse preguntas tales como: <ul style="list-style-type: none"> • <i>¿Es la comprobación necesaria?</i> • <i>¿Es la comprobación completa?</i>

	<ul style="list-style-type: none"> • <i>¿Es la comprobación redundante?</i> • Examinar los bucles de reproceso. Las comprobaciones dan lugar a bucles de reproceso y éstos siempre están asociados a deficiencias, por tanto, el objetivo debe ser su eliminación u optimización. Se examinarán las actividades del bucle como tales y la "longitud" del mismo (número de operaciones que deben repetirse) planteándose cuestiones tales como: <ul style="list-style-type: none"> • <i>¿Son necesarias todas las actividades dentro del bucle?</i> • <i>¿Se podrían detectar antes las deficiencias?</i> • <i>¿Evita el bucle que se repita el error?</i> • <i>¿Cuál es el coste del reproceso?</i> • <i>¿Cuál es la frecuencia de las distintas deficiencias detectadas?</i> • Examinar cada símbolo de actividad. Este examen puede poner de manifiesto las deficiencias que arrastra el diseño del proceso mediante cuestiones tales como: <ul style="list-style-type: none"> • <i>¿Es necesaria esta operación?</i> • <i>¿Cuál es la relación coste-valor añadido que aporta?</i> • <i>¿Es una operación redundante?</i> • <i>¿Es fuente de errores frecuente?</i> • Examinar los símbolos de documentos o bases de datos. En general, en las empresas, la documentación y las bases de datos son fuentes de errores, duplicación de tareas y realización de trabajo inútil, por ello deberá comprobarse para cada uno de estos elementos si: <ul style="list-style-type: none"> • <i>¿Es útil la información que contiene?</i> • <i>¿Es redundante dicha información?</i> • <i>¿Se mantiene al día?</i> • <i>¿Es la única fuente para esta información?</i> • <i>¿Cómo se puede utilizar para el seguimiento y mejora del proceso?</i> <p>Cuanto más sistematizado sea el análisis del Diagrama de Flujo, más sencilla y eficaz puede resultar la mejora del proceso en estudio.</p> <p>Posibles problemas y deficiencias de interpretación La principal causa de deficiencias en la interpretación de los Diagramas de Flujos es que éste no refleje la realidad. Esto puede ser debido a:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se representa el proceso ideal tal y como debería ser realizado, y no la práctica habitual de aquellos que lo ejecutan. • Alguno de los participantes no aporta información sobre partes del mismo, evidentemente ilógicas, por sentirse de alguna forma responsable de las mismas. • Se consideran irrelevantes pequeños bucles existentes. • Los miembros del grupo de trabajo desconocen realmente como opera parte del proceso. • Se utilizan Diagramas de Flujo desfasados que no han sido revisados después de producirse cambios en el proceso. <p>Para evitar la aparición de estas situaciones se aconseja, siempre que sea posible, la confrontación del diagrama con la realidad, siguiendo en la práctica la ejecución del proceso. Cuando esto no sea posible, será útil la revisión del diagrama por personal operativo del proceso.</p>
<p>Utilización</p>	<p>Debido a sus características principales, la utilización del Diagrama de Flujo será muy útil cuando:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se quiere conocer o mostrar de forma global un proceso.

- Es necesario tener un conocimiento básico, común a un grupo de personas, sobre el mismo.
- Se deben comparar dos procesos o alternativas de uno dado.
- Se necesita una guía que permita un análisis sistemático de un proceso.

Utilización en las fases de un proceso de solución de problemas.

El Diagrama de Flujo es una herramienta de gran aplicación en la solución de problemas:

- En la fase de definición de proyectos para identificar oportunidades de mejora, guiar la estimación de costes asociados al problema, identificar los organismos implicados en el mismo y establecer las fronteras de la misión del grupo de trabajo que debe abordarlo.
- En el inicio de cualquier proyecto, para unificar el conocimiento básico de los participantes en el mismo.
- En la fase de diagnóstico, para la planificación de las recogidas de datos y para la elaboración de teorías sobre las causas.
- En la fase de diseño de soluciones, para guiar en el diseño de sistemas de control y para la identificación de posibles focos de resistencia al cambio.
- En la fase de implantación de soluciones, para mostrar el proceso y los cambios realizados y para identificar las necesidades de formación existentes.

3 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

Nuestra investigación se ajusta al método descriptivo, considerando que *“los estudios descriptivos pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o variables a los que se refieren”* (Hernández Sampieri, Fernández Collado y, Baptista Lucio 2013, 119).

En sentido estricto, la metodología es *“el estudio de los métodos. La rama normativa de la epistemología, una tecnología del conocimiento”* (Bunge 2005, 142). Sin embargo, la Real Academia Española recoge en la última edición de su diccionario, la acepción que utilizarnos para el presente capítulo, y es esta: *“Conjunto de métodos que se siguen en una investigación científica o en una exposición doctrinal”*.

Nuestra investigación se propone identificar las herramientas de control de calidad aplicables en el proceso de instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación, por tanto, lo que haremos es utilizar cada una de las herramientas en los procesos de instalación de geomembrana. De esta manera determinaremos cuáles herramientas pueden utilizarse para lograr un eficiente sistema de Gestión de Control de Calidad, pues como bien dice Miguel Ángel Quintanilla: *“El objetivo de un diseñotecnológico [...], es concebir un plan de acción que permita pasar de una situación menos satisfactoria a otra más satisfactoria”* (2015, 143).

Como los métodos son un procedimiento regular bien especificado para hacer algo (Bunge 2005, 142), debemos entender que cuando uno se propone conocer si sus hipótesis son correctas o no, lo que debe hacer es crear un diseño de prueba de hipótesis (Piscoya Hermoza 2017b, 33-36).

3.1 DISEÑO DE PRUEBA DE HIPÓTESIS

Nuestra hipótesis se puso a prueba en un proyecto minero ubicado en Cajamarca, a cargo de empresas instaladoras de geosintéticos CCQ, SMCG y CCH, la información abarca instalación de geomembrana de que suma un total de 53 hectáreas del proyecto de construcción de plataforma de lixiviación. Lo que se buscará es que se utilice cada una de las herramientas en el proceso de instalación de la geomembrana, para tal fin indicaremos en este capítulo cómo se las debe emplear, de modo tal que en el capítulo 5 veremos si efectivamente es factible o no utilizarlas en la instalación de la geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación. En este sentido, lo que haremos será señalar la forma en que se aplicará cada una de las herramientas de control de calidad durante la instalación de geomembrana para las empresas instaladoras de geosintéticos.

Cabe resaltar que, si logramos hacer que todo el diseño indicado, en este trabajo, se cumpla en la práctica, significará que se pueden utilizar las herramientas de control de calidad en la instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación. En ese contexto, se describe cada una de las variables de nuestra hipótesis planteada, como se detalla a continuación:

Tabla 14: Prueba de hipótesis para Lista de Chequeo

HIPÓTESIS	DESCRIPCION
H1	Si es factible utilizar las Listas de Chequeo en la instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación, entonces utilizo una <i>herramienta de calidad (HC)</i> . Es decir: $V_1 \rightarrow HC$
Definición operacional	La Lista de Chequeo es un cuadro de parámetros que indican las características óptimas de los equipos, estos parámetros controlan la funcionalidad de los equipos utilizados en la instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación.
Procedimiento de control de equipos mediante Lista de chequeo	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se elabora un cuadro en donde se consigne: fecha, hora, técnico responsable, y parámetros correspondientes para cada equipo. 2. Se llena cada cuadro antes de la utilización de cada equipo para asegurar que las actividades realizadas con los equipos sean óptimas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 15: Prueba de hipótesis para Diagrama Causa - Efecto

HIPÓTESIS	DESCRIPCION
H2	Si es factible utilizar el Diagrama de causa–efecto en la instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación, entonces utilizo una <i>herramienta de calidad (HC)</i> . Es decir: $V_2 \rightarrow HC$
Definición operacional	El Diagrama de causa-efecto es un gráfico que permite observar las causas y subcausas para una determinada falla, así como también sus efectos inmediatos. Los que finalmente nos conducirán a la falla.
Procedimiento de construcción del gráfico para la detección de fallas	<p>Este gráfico lo realizaremos teniendo en cuenta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de una falla en la instalación de la geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación. 2. Identificación de las causas teniendo en cuenta los siguientes parámetros: materiales, condiciones ambientales, metodología de trabajo, mano de obra y, equipos. 3. Identificación de los efectos inmediatos de cada causa según los parámetros anteriores. 4. Se grafican los resultados a manera de una <i>espina de pescado</i>. Cada causa va junto con su efecto, y cada <i>espina</i> principal es un parámetro.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Prueba de hipótesis para Histograma

HIPÓTESIS	DESCRIPCION
H3	Si es factible utilizar el Histograma en la instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación, entonces utilizo una <i>herramienta de calidad (HC)</i> . Es decir: $V_3 \rightarrow HC$
Definición operacional	El Histograma es un gráfico de columnas que plasma las pruebas de detección de fallas a nivel de laboratorio, de tal manera que se puede observar la ocurrencia de fallas.
Procedimiento de construcción del gráfico para la detección de fallas	<p>Este gráfico lo realizaremos teniendo en cuenta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Recopilar los datos de ensayos del laboratorio. 2. Identificación de fallas. 3. Identificación de ocurrencia de fallas. 4. Se grafica las ocurrencias de fallas por semana. 5. Se recomienda identificar las causas de las fallas teniendo en cuenta el intervalo de tiempo definido.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 17: Prueba de hipótesis para Diagrama de Pareto

HIPÓTESIS	DESCRIPCION
H4	Si es factible utilizar el Diagrama de Pareto en la instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación, entonces utilizo una <i>herramienta de calidad (HC)</i> . Es decir: $V_4 \rightarrow HC$
Definición operacional	El Diagrama de Pareto es un gráfico que nos permite detectar cuáles son las causas de las fallas en la instalación de geomembrana en las plataformas de lixiviación.
Procedimiento de construcción del gráfico para la detección de fallas	Este gráfico lo realizaremos teniendo en cuenta: <ol style="list-style-type: none"> 1. Identificación de una falla en la instalación de la geomembrana. 2. Identificación de las causas teniendo en cuenta los materiales, las condiciones ambientales, la metodología de trabajo, mano de obra y, equipos. 3. Valoración del número de fallas en cada causa señalada anteriormente. 4. Se ordenan las fallas de forma decreciente. 5. Se grafica el número de Fallas vs. Causas. 6. Se ubican las causas pocos vitales y muchos triviales. 7. Se recomendará que la empresa corrija los pocos vitales para lograr una disminución en sus fallas.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 18: Prueba de hipótesis para Diagrama de Dispersión

HIPÓTESIS	DESCRIPCION
H5	Si es factible utilizar el Diagrama de dispersión en la instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación, entonces utilizo una <i>herramienta de calidad (HC)</i> . Es decir: $V_5 \rightarrow HC$
Definición operacional	El Diagrama de dispersión es un gráfico de dispersión que reúne dos valores cuantitativos obtenidos de las pruebas en el laboratorio. Que nos permite conocer si el objeto sometido a prueba la supera, basándonos en un parámetro de control.
Procedimiento de construcción del gráfico para la detección de fallas	Este gráfico lo realizaremos teniendo en cuenta: <ol style="list-style-type: none"> 1. Recopilar los datos de las pruebas de laboratorio. 2. Definición del parámetro de control (tabla). 3. Se grafican los resultados obtenidos en las pruebas basándonos en el parámetro de control.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19: Prueba de hipótesis para Diagrama de Flujo

HIPÓTESIS	DESCRIPCION
H6	Si es factible utilizar el Diagrama de flujo en la instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación, entonces utilizo una <i>herramienta de calidad (HC)</i> . Es decir: $V_6 \rightarrow HC$
Definición operacional	El Diagrama de flujo es un gráfico que indica la secuencia para instalación de la geomembrana, en donde se indica de forma metódica la forma de realizar el procedimiento.
Procedimiento de construcción del gráfico para realizar	Este grafico lo realizaremos siguiendo los siguientes pasos: <ol style="list-style-type: none"> 1. Se elabora una lista que contiene todos los pasos de la actividad elegida. 2. Se ordenan los pasos de forma secuencial. 3. Se plasman los pasos en un gráfico con la simbología adecuada, y

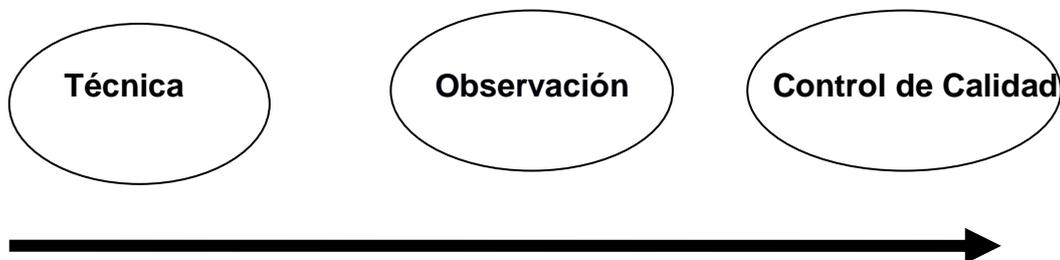
el procedimiento de instalación de la geomembrana para la construcción de plataforma de lixiviación	se relacionan las actividades
---	-------------------------------

Fuente: Elaboración propia

3.2 Técnicas, procedimiento e instrumentos

3.2.1 Para recolectar datos

Para la recolección de datos se utilizarán formatos pre establecidos donde se registra los datos de los resultados de pruebas y ensayos de calidad en sus diversos factores.



3.2.2 Para procesar datos

Para ejecutar el procedimiento tal y como lo hemos descrito a continuación mencionamos las técnicas empleadas.

- Secuencia: Es una aplicación de número de serie o en paralelo el cual corresponde.
- Codificación: Es donde se asigna un código o una numeración que corresponde a cada ítems para un mayor resultado.
- Tabulación: Es un proceso matemático para la formulación de un cuadro para un porcentaje de información requerido.
- Representación gráfica: Es el resultado de la investigación con los procedimientos para el resultado para la investigación.

4 RESULTADOS Y DISCUSION DE RESULTADOS

4.1 Gestión de Aseguramiento de Calidad de Fabricación (MQA)

Antes de cualquier proceso de instalación de geomembrana, se realiza la denominada gestión de aseguramiento de la calidad de la fabricación (MQA). Es una actividad que busca asegurar que los materiales fabricados en planta cumplan todos los requisitos de calidad a satisfacción plena de la documentación técnica del proyecto antes de su transporte a pie de obra.

La gestión MQA, se realiza a través de una empresa seleccionada por el dueño del proyecto y ésta empresa seleccionada realizará toda la gestión en las instalaciones de la planta de producción del fabricante y cuyo laboratorio debe estar acreditado por certificado por el Instituto de Acreditación de Geosintéticos (GAI, por sus siglas en inglés) a través del Programa de Acreditación de Laboratorios(LAP, por sus siglas en inglés).

La empresa a cargo de la gestión MQA, realizará todo el seguimiento al proceso de fabricación y ejecutará los muestreos de los rollos de geomembrana producidos enviando estas muestras al laboratorio externo (se describe los más usados⁹ *TRI Environmental* o *Groupe CTT Group*) para sus respectivos ensayos de verificación y conformidad respecto a los resultados del fabricante. Solamente cuando se haya obtenido todos los resultados de verificación MQA y teniendo la seguridad que todos los rollos de geomembrana cumplen la documentación técnica requerido por el proyecto se puede autorizar el transporte del material a pie de obra.

4.2 Gestión documentaria e Implementación de los lineamientos de control de calidad⁸

El Supervisor de control de calidad de geosintéticos en coordinación con el Supervisor de aseguramiento de calidad y el cliente, desde el arranque de proyecto, realizarán las coordinaciones para establecer, definir e implementar los lineamientos que regirán durante la gestión de control de calidad. Para ello se implementará el Plan de Control de Calidad el mismo que debe ser elaborado de acuerdo a los requisitos de calidad del proyecto. En el anexo 01 se muestra una propuesta de plan de control de calidad y su respectivo comparativo con los lineamientos de la norma ISO.

⁸ La presente sección está formulada en base a experiencia profesional del autor, así como la referencia de la documentación técnica de instalación de geosintéticos de empresas consultoras en el rubro Knight Piésold, NewFields.

4.2.1 Verificación y aprobación de los procesos constructivos

El supervisor de control de calidad de geosintéticos en coordinación con el supervisor de instalación de geosintéticos aprobarán en campo los lineamientos que se tiene que cumplir para realizar la instalación de la geomembrana.

4.2.2 Verificación y aprobación de los productos terminados

El supervisor de control de calidad de geosintéticos en coordinación con el supervisor de instalación de geosintéticos, realizarán previa a la entrega final un caminata o pre- caminata, posteriormente se comunicará a la Supervisión del cliente para la caminata final donde se verificará el proyecto culminado. Estos últimos otorgarán su conformidad de los trabajos ejecutados y se procederá a levantar un documento de entrega de área para su delimitación y protección.

4.2.3 Registros de calidad

Los formatos de control de calidad luego de ser llenados pasan hacer los registros de calidad que liberan las distintas actividades de instalación de geomembrana y en señal de conformidad la Supervisión, los firman. Son estos documentos los que forman parte del dossier de calidad.

El supervisor de control de calidad en geosintéticos se encargará de presentar diariamente los registros de calidad a la Supervisión.

4.2.4 Reportes periódicos de control de calidad

El avance de la instalación y reparación de la geomembrana y sus respectivos controles de calidad se reportarán en los informes semanales del área de control de calidad.

4.2.5 Reporte de desviaciones al proceso

Los reportes de desviaciones al proceso, serán emitidos donde las actividades hayan sido llevadas a cabo con resultados deficientes, no cumpliendo con lo indicado en las especificaciones técnicas.

El reporte, a través del cual se evidencia las desviaciones de los procesos de instalación de geomembrana, indicará claramente:

- El trabajo observado y el área afectada.
- Trabajo requerido por el diseño.
- Medidas correctivas a ser tomadas.

⁹ Se puede revisar las características del laboratorio a través de su página web <https://tri-environmental.com/> ó <https://gcttg.com/groupe-ctt/sageos/>

Cuando el trabajo deficiente ha sido corregido por el Supervisor de instalación de geosintéticos y aprobado por el Supervisor de control de calidad de geosintéticos, el reporte de trabajo observado deberá ser cerrado y firmado. Las medidas correctivas serán anotadas y se adjuntarán los resultados de las nuevas pruebas realizadas, se obtendrá las firmas de aprobación y/o verificación del personal de terreno involucrado, se presentará el reporte de trabajo observado a la Supervisión, una vez emitido y una vez realizado el cierre.

4.2.6 Dossier de calidad

El dossier de calidad se elaborará en función de los registros de calidad originales debidamente firmados, codificados, revisados por el supervisor de control de calidad de geosintéticos y firmados por la Supervisión para su entrega; el cual se hará de manera mensual. Se establece –en coordinación con el cliente- la estructura y el orden del índice de documentos de calidad (QC INDEX, por sus siglas en inglés). Este documento es muy importante porque reúne todos los registros de aprobaciones del proceso de instalación, en tanto, debe ser elaborado de manera sistemática y entendible porque estos dossiers son parte de los documentos requeridos por el ministerio de energía y minas para gestionar la concesión de beneficio de las operaciones extractivas de mineral.

4.2.7 Planos como construido

Los planos “como construido” (más conocido como *as built*, por sus siglas en inglés) se irán generando conforme se avance la instalación de geomembrana, con una periodicidad mensual.

Los planos *as built* deben reflejar, a detalle, las estructuras ejecutadas, cumpliendo diseño, además de las modificaciones –propios del proyecto- debidamente sustentados en los documentos oficiales de control de cambios para ser entregados al final del proyecto. Los representantes del cliente revisarán y emitirá sus observaciones antes de ser entregados para custodia final.

4.2.8 Formatos para control de calidad

La empresa responsable de la instalación de geomembrana, a fin de poder evidenciar objetivamente todo el proceso de instalación de geomembrana implementará y administrará todo un conjunto de formatos de control de calidad que, en términos básicos será: recepción de geomembrana, despliegue de geomembrana, prueba de puesta en marcha de soldadura por extrusión, prueba de puesta en marcha de soldadura por fusión, prueba inicial de soldadura por extrusión, prueba inicial de soldadura por fusión, uniones por fusión, control de calidad - soldadura de fusión, control de calidad - soldadura de extrusión – cordones, control de calidad - soldadura de extrusión – parche, ensayos destructivos soldadura por fusión, ensayos destructivos soldadura por extrusión, croquis para entrega de área, aceptación de panel y unión.

Todos los formatos deberán ser correctamente identificados con su código, así como también correctamente llenados todos los casilleros que conforman dicho formato a fin de obtener la información requerida y se entregue al cliente registros oficiales debidamente llenados y firmados por todos los involucrados.

4.3 Proceso de instalación de geomembrana¹⁰

4.3.1 La prueba de puesta en marcha o servicio¹¹

La prueba de puesta en marcha del equipo de soldadura es un requisito básico y obligatorio antes de dar inicio a los trabajos en terreno del proyecto al cual se va a iniciar, ya que ello permite establecer si los equipos de soldadura están trabajando adecuadamente y por tanto se minimiza el riesgo de falla en una soldadura por fusión o extrusión.

El procedimiento de las pruebas de puestas en marcha de los equipos de soldadura, se describe:

- Las pruebas se realizarán sobre porciones de geomembrana de un tamaño apropiado para verificar que las condiciones de soldadura y procedimientos sean los adecuados. Las dimensiones de geomembrana deberá tener 3500 mm de largo para los equipos de soldadura por extrusión y 7000 mm de largo para los equipos de soldadura por fusión.
- En dicha geomembrana se anotará: fecha y hora de ejecución, temperatura ambiente, número de máquina, temperatura de máquina y nombre del técnico soldador.
- Las pruebas de puesta en marcha se realizarán en presencia del Supervisor de aseguramiento de calidad y el Supervisor de control de calidad. El primero deberá proceder a realizar el marcado aleatorio las probetas en los retazos de geomembrana donde se ejecutó la soldadura. Las probetas se extraerán de la muestra y se ensayará y de acuerdo a la documentación técnica del proyecto. Las probetas extraídas deberán ser numerado tanto en la muestra como sobre ella de manera de facilitar su identificación y posición dentro de la muestra.
- De las muestras de soldadura se extraerán 10 probetas de 1" de ancho y 6" de largo, cinco (5) de las cuales serán ensayadas en tracción al desgarre (*peel*, por sus siglas en inglés) y cinco (5) al ensayo en tracción de corte (*shear*, por sus siglas en inglés) y en el caso de las probetas de soldadura por fusión se deben probar ambos lados de la unión.
- Las probetas extraídas serán ensayadas utilizando un tensiómetro que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto.

¹⁰ La presente sección está elaborada en base a las buenas prácticas de instalación de geosintéticos adquiridos en la experiencia, así como las referencias de las normas ASTM D para Geosintéticos (Sección 4. Volumen 04.13) y normas GRI GM.

¹¹ Información elaborada en base a la norma ASTM

- La prueba de puesta en marcha se considera aprobada si cumple con criterios de aceptación, ASTM. El Supervisor de control de calidad será el único responsable de la ejecución de este ensayo, así como también el único responsable de dar la autorización para el inicio de los trabajos de soldadura en terreno, mientras tanto, todos los soldadores con sus máquinas deben esperar esta señal de inicio.
- En caso de que el supervisor de control de calidad rechace una prueba de soldadura, el técnico deberá revisar su máquina para comprobar que esté bien calibrada, limpia y con sus respectivos controladores funcionando. Luego podrá volver a realizar la prueba. En caso de fallar nuevamente, el equipo deberá ser retirado del terreno y llevado a mantenimiento.
- Se llevará un registro correlativo de las pruebas de puesta en marcha de los equipos de soldar que se requiera utilizar en el proyecto.

4.3.2 Las pruebas iniciales¹²

Las pruebas iniciales de los equipos de soldadura son un requisito básico y obligatorio antes de dar inicio a la instalación de geomembrana, ya que podemos establecer si los equipos de soldadura están trabajando adecuadamente y por tanto se minimiza el riesgo de falla.

Las pruebas iniciales se realizarán diariamente antes del inicio de los trabajos de soldadura en el terreno, éstas pruebas son de fusión y extrusión:

- **Pruebas iniciales de Fusión (Soldadura por cuña caliente)**, Soldadura por termo fusión por cuña caliente es la que permite realizar la soldadura de geomembrana de polietileno a base de tres elementos presión, temperatura y velocidad.
- **Pruebas iniciales de Extrusión (Soldadura por extrusión)**, Soldadura por extrusión es aquella que se realiza por la aplicación de material de aporte de extruido (cordón HDPE o LLDPE de 4 o 5 mm) sobre una unión de geomembrana.

Las pruebas iniciales se harán por cada soldador en equipo de fusión y extrusión por el técnico asignado. Estas pruebas se realizan en condiciones similares a las de la soldadura final de campo (superficie, condiciones ambientales, etc.)

Las pruebas iniciales se realizarán:

- Después de 5 horas de operación continua (una en la mañana y otra en la tarde).
- Después de reparar el equipo.

¹² Información elaborada en base a la norma ASTM D6392

- Cada vez que un técnico utilice un equipo distinto.
- Cuando se sufra un cambio brusco de temperatura.
- Cuando un equipo es desconectado, cualquiera sea el motivo, excediendo los 15 minutos, entonces se hará otra prueba de inicio.
- Cuando se realiza una inspección visual a la costura de soldadura y no se aprecia una buena soldadura.

A continuación, se describe el procedimiento de las pruebas iniciales de los equipos de soldadura:

- Las pruebas iniciales se realizarán en retazos de geomembrana de tamaño que permita verificar que la soldadura y los procedimientos sean los adecuados. El retazo de geomembrana tendrá 300 mm de ancho y 1000 mm de largo. En los retazos de geomembrana soldados se anotará: fecha, hora, temperatura ambiente, número de máquina, temperatura de máquina y nombre del soldador.
- Las pruebas iniciales se harán por cada soldador en equipo de fusión y extrusión, por cada técnico asignado y por cada combinación de láminas a soldar. Esta prueba se realiza en condiciones similares que las de la soldadura final de campo (superficie, condiciones ambientales, etc.).
- Dado que el ensayo de las pruebas iniciales es una verificación del buen estado de los equipos a soldar. El técnico del tensiómetro es el responsable de ensayar dichas pruebas y darlas por aprobado o desaprobado y así él dará la autorización al técnico soldador si procede a soldar o no. El cliente o su representante podrá verificar la calidad de soldadura en terreno o en los testigos que se guardan para su inspección por parte del Supervisor hasta el final de la jornada.
- Las probetas o testigos que se extraen en forma aleatoria de la muestra realizada, especialmente en zonas que el técnico del tensiómetro observe que puedan fallar. Las probetas extraídas deberán ser numeradas para facilitar su identificación y posición dentro de la muestra.
- Para la soldadura por extrusión, de la muestra realizada se deberán extraer 10 probetas de 1" de ancho y 6" de largo, 5 de las cuales serán ensayadas por tracción al desgarro (*peel*) y 5 al ensayo de corte (*shear*).
- Para la soldadura por fusión, de la muestra efectuada se considerarán 10 probetas de 1" de ancho y 8" de largo, de los cuales 5 serán ensayados al desgarro (*peel*, por sus siglas en inglés)

y 5 probetas más para el ensayo de corte (*shear*, por sus siglas en inglés). En las probetas por fusión se deben probar ambos lados de la unión.

- Las probetas extraídas serán ensayadas por el técnico del tensiómetro encargado utilizando un tensiómetro que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto, (velocidad de prueba 2 pulgadas/min para láminas tipo HDPE y 20 pulgadas/min para láminas tipo LLDPE de acuerdo a ASTM- D 6392-99), el cual deberá estar calibrado y respaldado con un certificado de calibración original de una institución reconocida en la frecuencia establecida por el fabricante y las probetas extraídas con un "cortador de probetas" (cuponera) estándar.

4.3.3 Instalación de geomembrana

Consideraciones generales

El almacenamiento de los rollos de los de geomembrana se realizará sobre una superficie adecuada; plano horizontal, sistema de fijación, considerar apilamiento, etc.

Los rollos de geosintéticos deben ser depositados sobre superficies lisas y libres de elementos punzantes (según especificaciones técnicas de geomembrana).

Los rollos de geosintéticos deben ser almacenados en pilas de no más de dos rollos de altura, aseguradas con cuñas de sacos de lastre en la parte baja, para evitar deslizamientos. Los tubos de cartón (carretes) de los rollos de los Geosintéticos deberán cubrirse de las lluvias para evitar el ingreso de agua a estos y así evitar el reblandecimiento del cartón. Por ningún motivo se deberán arrastrar o levantar los rollos con estrobos, cadenas o cordeles para evitar daños al material, sólo se deberán utilizar eslingas que superen al peso de los rollos, éstas eslingas por lo general son las que vienen fijadas a los rollos y que son de fábrica las cuales por ningún motivo deben ser retiradas de rollo hasta su momento de su instalación en terreno.

El manipuleo, carguío o traslado de los rollos en las áreas de trabajo será realizado en forma mecánica con la ayuda de un equipo auxiliar apropiado (cargador frontal, grúa horquilla, etc.). Fuera de las áreas de trabajo el transporte será sólo con un camión plano. Cada rollo deberá contar con dos (2) eslingas para su manipulación.

La tarea de instalación y soldadura de la geosintéticos será realizada solamente en el turno de día y con personal debidamente entrenado. Se utilizará equipo y herramientas apropiadas para estos efectos.

En el caso de que los paneles sean mayores a 50 m y la pendiente sea mayor de 3:1 el anclaje temporal o definitivo será colocado inmediatamente después que se haga el 20% del traslape de la parte alta correspondiente, esto para evitar deslizamiento de la geomembrana por su propio peso.

La instalación de geosintéticos consiste en desplegar la geomembrana en superficies aprobadas de terreno, para lo cual el supervisor de producción de movimiento de tierras en coordinación con el supervisor de instalación de geosintéticos procederán con el despliegue tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- No se dejará ningún panel sin soldar durante el proceso de instalación, cabe decir: *panel desplegado = panel soldado*.
- Si existe llovizna, humedad o escarcha, por más mínimas que sean, se suspenderá el trabajo, para evitar daños en el personal por efectos de resbalones sobre la geomembrana.
- En pendientes menores de 3:1 (H: V) de existir corrientes de viento que superen los 25 km/h se suspenderá el despliegue de geomembrana.
- En pendientes mayores de 3:1 (H: V) de existir corrientes de viento que superen los 25 Km./Hora se suspenderá el despliegue de la geomembrana.
- El equipo de despliegue a utilizar no deberá dañar la superficie aprobada del terreno.
- Contar anticipadamente de un adecuado anclaje temporal (sacos con material de relleno).
- El espacio máximo entre sacos con material será de 0.60 m, para evitar levantamientos por efectos del viento y servirá además para evitar trampolines cuando corresponda (pie de taludes).
- El peso promedio de cada saco será aprox. entre de 15 kg a 20 kg, y asegurado correctamente en la boca del saco con rafia para que no pierda el material.
- En pendientes mayores a 3:1 los sacos deben de estar amarrados entre sí con sogas y asegurados a un punto fijo (ejemplo: anclajes, estacas, etc.).
- Se realizará el despliegue sobre terreno preparado adecuadamente previniendo el uso de anclajes temporales para evitar daños o accidentes por el viento. El personal de instalación colocará en los extremos del panel de geomembrana teniendo en cuenta en la instalación la dirección del viento y pendientes, siendo mayor la cantidad de personal en el extremo opuesto a la dirección del viento y pendiente.
- Los paneles deben ser instalados en paralelo a favor de la línea de máxima pendiente.
- El traslape entre las geomembranas deberá ser el adecuado de acuerdo al tipo de máquina con que se va a soldar. El traslape de los paneles será a favor de la pendiente (flujo).

- La orientación del traslape entre paneles antes de ser soldados, estará dirigido en sentido contrario de la dirección del viento. En caso de que éste traslape se encuentre contra la pendiente se procederá de la siguiente manera:
 - **Soldadura menor de 7 metros:** El traslape se hará en función de la pendiente sin tener en cuenta la dirección del viento, siendo asegurada con sacos separados entre sí a una distancia máxima de 0.60 m.
 - **Soldadura mayor de 7 metros:** El traslape se hará en sentido contrario de la dirección del viento, en caso de que el traslape se encuentre contra la pendiente será cambiado en forma progresiva en relación al avance de la soldadura con un margen de 5 metros adelante.
- Cuando las condiciones climáticas sean adversas (lluvia, granizo, helada, viento, etc.), no se instalará geomembrana, ya que pone en riesgo la integridad de los trabajadores, calidad del material, equipos, etc.
- En el anclaje temporal y fijaciones laterales (último panel desplegado) se utilizará 2 líneas de sacos con material de relleno que no dañe la geomembrana instalada. Este anclaje deberá ser colocado oportuna y adecuadamente sobre la geomembrana de manera que pueda minimizar los daños al personal, materiales, equipos, etc. producto de la acción del viento.
- Toda la geomembrana desplegada durante una jornada de trabajo diaria quedará soldada y debidamente asegurada a fin de evitar riesgos a las personas, daños al material o a la propiedad.

Consideraciones operativas

La geomembrana se despliega colocando 02 barras giratorias (*misiles*) en los extremos del rollo los cuales se sujetarán a la barra de despliegue mediante fajas o cadenas. Esto se ejecuta con ayuda de una grúa, cargador frontal o similar con suficiente contrapeso.

Se levanta el rollo a una altura de 40 cm máximo, con ayuda de equipo pesado (llámese excavadora, cargador frontal, etc.) de acuerdo a las consideraciones del terreno.

Se sujeta el extremo de la geomembrana con pinzas de presión de punta plana, para tirar de ella hasta desplegar el tamaño necesitado, (mayormente a los costados y hacia el sentido del viento).

El panel cortado es ubicado por el personal con la ayuda de las pinzas, en su lugar final, asegurándolo con sacos llenos de arena, hasta que se realice la costura definitiva.

Si el despliegue es en pendiente se realizará de la parte superior hacia abajo.

El personal que jala la geomembrana en todo momento debe estar mirando hacia el rollo.

La soldadura de geomembrana se realiza básicamente por dos métodos:

- ***Soldadura por Fusión simple.***

Este método usa los principios de termo fusión y hace uso de la máquina de cuña, la misma que genera dos costuras separadas por una canaleta.

- ***Soldadura por Extrusión.***

Este método hace uso de la maquina extrusora, la misma un cordón que une dos laminas.

4.3.3.1 Uniones por fusión (soldadura por fusión)

Revisar constantemente el estado de los cables de conexión eléctrica y además chequear que éstos no pudieran quedar atrapados en el momento de soldadura (Fusión).

Solo una vez aceptado el ensayo de pruebas iniciales por el técnico del tensiómetro, se dará la orden de iniciar los trabajos de soldadura de uniones por fusión.

Todas las juntas serán soldadas de manera de obtener una condición relajada y libre de tensión con el fin de evitar trampolines. En el caso de las uniones a soldar en las esquinas de los vértices se realizarán marcas del traslape cuando estas estén en su máxima contracción para posteriormente proceder a realizar la soldadura correspondiente.

La temperatura de la cuña (soldadura por fusión) puede alcanzar hasta los 450 °C.

El contacto con estos equipos debe ser siempre por personal debidamente entrenado y capacitado para las funciones de mantenimiento y operación.

La operación o mantenimiento NO autorizado de estos equipos podría causar quemaduras severas por negligencia Individual.

El trabajador deberá utilizar siempre sus herramientas autorizadas y el equipo de protección personal adecuadas para el mantenimiento y operación y el supervisor de instalación de geosintéticos velará por que éstos elementos sean utilizados.

En las costuras de fusión se extraerán cupones de entrada y salida, estos cupones se extraen hasta una longitud mínima de 15 metros.

Todas las costuras o uniones soldadas por fusión serán registradas en el formato que haya sido establecido al inicio del proceso de gestión de control de calidad.

4.3.3.1.1 Control de calidad en uniones por fusión – prueba de aire

La prueba de aire (AT, por sus siglas en inglés) se utiliza para verificar la continuidad del canal u orificio que deja la soldadura por fusión, detectando defectos o fallas puntuales en éste. Las pruebas de aire se ejecutarán en toda la longitud de la costura y en todas las uniones.

Las pruebas se realizarán luego de haber culminado las costuras soldadas.

La prueba de aire es ejecutada en el canal de aire de la soldadura de fusión realizada por la cuña. El equipo para ejecutar este ensayo es:

- Un equipo de aire (bombín manual, bomba eléctrica, etc.) con capacidad de generar una presión de aire de 35 psi en el canal de aire de la junta.
- Un set de prueba de aire consistente en una aguja hueca para inyectar aire dentro del canal de la junta, un manómetro de capacidad por encima de los 35 Psi. y los diferentes accesorios de acople *fitting* unidos con cinta teflón para evitar fugas de aire por presión. Estas extensiones en forma periódica serán sumergidas en agua con aire aislado (más de 35 Psi) entre el extremo que contiene a la aguja hueca sellada con la llave de cierre de salida para determinar así si es que hubiese fuga por las uniones.
- Una pistola de aire caliente o soplete a gas para sellar los extremos del canal de aire.

Procedimiento:

Sellar ambos extremos del canal de aire de la junta a ser testeada, aplicando calor hasta que se funda, ejercer presión en dicha zona y dejar enfriar.

Insertar la aguja dentro del canal de aire por uno de los extremos de la junta. Para efectuar esta operación, se recomienda precalentar la zona de penetración para perforar la geomembrana y así facilitar el ingreso de la aguja (El precalentamiento se hará con soplador de aire caliente o algún equipo similar)

Inyectar aire a presión con un equipo de aire. La presión a utilizar va de acuerdo al espesor de la lámina de la geomembrana (28 psi a 35 psi). Las presiones a utilizar son las mostradas en la siguiente tabla.

Tabla 20: Tabla de valores para prueba de aire

Espesor de Lamina HDPE y LLDPE		Rango de Presión		Caída admisible de presión después de 5 min.
		Mínima	Máxima	
Mils	Mm	(KPa)/Psi	(Kpa)/Psi	(Kpa)/Psi
40	1.0	193/28	241/35	21/3
60	1.5	193/28	241/35	21/3
80	2.0	193/28	241/35	21/3
100	2.5	193/28	241/35	21/3

Fuente: Elaboración propia en base a norma ASTM D4437, ASTM D5820 y GRI GM7

El aire dentro del canal de prueba, se deberá esperar un lapso de tiempo a 2 minutos para permitir que la presión del aire se estabilice y se leerá la presión, y será tomada como presión inicial.

La presión final se lee 5 minutos después de la Presión inicial.

La prueba de aire será aprobada si transcurrido el tiempo de espera, 5 minutos la diferencia entre la Presión inicial y la Final es menor o igual a 3 psi (21Kpa)

Si la diferencia entre las dos lecturas es más de 3 psi (21 Kpa), se recomienda revisar visualmente la unión en busca de posibles fallas. De no encontrarse, se deberá rehacer la prueba de aire verificando que no exista fuga de aire por la aguja.

Transcurrido el tiempo antes mencionado y no habiéndose observado fuga de aire, se deberá verificar si el canal de aire se encuentra libre y que, efectivamente la prueba de aire ha considerado la totalidad de la costura. Para ello, se deberá cortar la unión en el extremo opuesto al que se encuentra la aguja y verificar si el aire ha salido en su totalidad y el manómetro bajará a cero. La caída de presión de aire al cortar el extremo opuesto de la entrada de aire debe ser inmediata y abrupta para que se considere buena la prueba. Si esto no ocurre así, es señal de que existe alguna obstrucción y se deberá proceder como tal.

Si el aire no sale, es señal que el canal de aire se encuentra bloqueado en alguna parte de la unión por lo que deberá ser localizada, reparada y rehacerse la prueba.

En caso de mantenerse el problema (fuga de aire y por tanto la unión es defectuosa) y/o falla del equipo se deberá proceder de la siguiente manera:

- Cambio de instrumentos de medición
- Rehacer la prueba de aire desde el principio.
- Mientras se ejecuta la prueba, se debe recorrer la unión y con atención, escuchar algún ruido que delate la presencia de un escape de aire.
- Adicionalmente, se puede aplicar solución jabonosa similar a la empleada en los ensayos de vacío debajo en la aleta (sin retirarla) y observar la aparición de burbujas que delatan la presencia de fuga.
- Si con todo lo anterior, se mantiene la fuga, se deberá segmentar la unión en intervalos más pequeños (1/2", 1/4", 1/8" etc.) y efectuar sucesivamente pruebas de aire hasta encontrar la fuga.
- Encontrada la fuga, se deberá reparar con los métodos de reparación y volver a ejecutar la prueba de aire donde corresponda.

Tabla 21: Ejemplo práctico de datos de prueba de aire

DATOS DE LA COSTURA	
Nº de prueba	85
Ubicación	P-1125/P1123
Fecha soldado	21-11-2021
Técnico soldado	Freddy Quispe
DATOS DE LA PRUEBA AIRE	
PSI	HORA
35	10:20
34	10:25
AT	PASA
SI PRUEBA AIRE FALLA	
Se repite procedimiento y se coloca la nomenclatura siguiente	
R-AT	PASA

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.1.2 Control de calidad en uniones por fusión – prueba de picado

Esta prueba será ejecutada con una cuchara en lado externo de las soldaduras de fusión (bajo el traslape), con el fin de determinar si es que hubiese alguna rotura exterior a la soldadura de fusión. Esta prueba se realizará cuando se requiera y a solicitud del cliente.

Esta prueba no destructiva consiste en identificar alguna rotura en la soldadura por fusión. El equipo consta de una cuchara sin filo con el borde redondeado, ubicándolos en el borde externo de las soldaduras de fusión y pasándolo por toda la longitud de la costura.

Los resultados de la presente prueba se registrarán en formato que haya sido creado en el plan de calidad. De igual forma al costado de la costura, ya sea al inicio o al final de la costura, se anotará: fecha, hora, iniciales del técnico de control de calidad que realizó la prueba y si la prueba está aprobada o desaprobado.

Las pruebas de picado se realizarán durante la realización de la prueba de aire.

4.3.3.1.3 Control de calidad en uniones por fusión – destructivos de fusión

Las pruebas destructivas de costuras de soldaduras de fusión se realizarán en tensiómetros aprobados. La muestra extraída de la costura de campo será ensayada por el técnico del tensiómetro autorizado, él será el responsable de la ejecución y evaluación de los resultados de la prueba e informar al Supervisor de Control de Calidad de los resultados.

A la muestra extraída se cortarán 10 probetas (testigos) de 1" de ancho y 6" de largo; de las cuales: las primeras 5 probetas serán sometidas a ensayo dimensional verificando espesores de ambas geomembranas utilizando un vernier (pie de rey) y posterior ensayo de tracción desgarre. En el caso de probetas de soldadura por fusión, este ensayo se efectuará por ambos lados de la probeta. Las restantes 5 probetas, serán sometidas al ensayo de tracción corte.

Las probetas extraídas serán ensayadas por el técnico del tensiómetro utilizando un tensiómetro que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto (velocidad de ensayo: 2" /min en geomembrana de HDPE y 20" /min en geomembrana de LLDPE). Los criterios de aceptación de resultados de ensayos a las probetas para esfuerzo de corte son:

Tabla 22: Criterios de aceptación de destructivas de fusión

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA ENSAYO AL CORTE	
Tipo de rotura	Separación del plano de lámina (FTB, por sus siglas en inglés)
Inspección	Visual
Probetas	Si las 05 probetas cumplen con la resistencia mínima. Si las probetas cumplen especificaciones y ASTM
	La resistencia mínima está definida en las especificaciones del proyecto, por el fabricante o de acuerdo a lo que indique la norma GRI GM19. La elongación deberá ser >50% durante este ensayo
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA ENSAYO AL DESGARRO	
Tipo de rotura	Separación del plano de lámina (FTB, por sus siglas en inglés)

Inspección	Visual
Probetas	Si las 05 probetas cumplen con la resistencia mínima. Si las probetas cumplen especificaciones y ASTM
	Longitud lineal de despegue debe ser <25% para HDPE y LLDPE y sus combinaciones de geomembrana según tipo de roturas aceptables e indicadas por la norma ASTM (área)

Fuente: Elaboración propia

Los ensayos destructivos se consideran aprobados si se cumple con los criterios de aceptación. En caso de no cumplir, se deberá efectuar el siguiente procedimiento:

- Se deberán extraer muestras adicionales del mismo tamaño a una distancia no mayor de 3 m de la muestra sacada en ambos sentidos. Estas nuevas muestras deberán ser ensayadas de la misma manera que la muestra original y verificar su aceptación o rechazo. En caso de fallar, se deberá repetir el procedimiento hasta obtener un resultado satisfactorio.
- En caso de ser un parche se debe sacar una destructiva antes y después hasta obtener un resultado satisfactorio.
- Una vez que el ensayo sea aceptado de acuerdo al criterio de aceptación, se reparará la zona intervenida utilizando un reemplazo de junta con un mini panel (denominado también *wincha o cap*) y sus respectivos parches y control de calidad.
- Las reparaciones mediante la aplicación de cordones de soldadura de extrusión, sobre la soldadura existente no están permitidas.
- Estas nuevas uniones deberán ser sometidas a los mismos ensayos, tanto No destructivos como destructivos para garantizar la calidad de los trabajos.
- Los cupones serán desechados una vez que sean inspeccionados por el cliente conjuntamente con el Supervisor de aseguramiento de calidad.
- El testigo original generalmente tiene una longitud de 1m, donde un tercio se ensaya y los otros dos se guardan bajo custodia del Cliente y la empresa Instaladora.

4.3.3.2 Uniones por extrusión (soldadura por extrusión)

Este tipo de uniones se usará específicamente para el parchado y detalles especiales de instalación de geomembranas, también es útil para conectar nuevos paneles hacia recubrimientos ya instalados en las denominadas zonas de empalme (*tie-in*).

En las máquinas de soldar con material de aporte (extrusión) su temperatura está sobre los 200°C, para evitar y minimizar los riesgos por contacto se ha implementado en la cámara de conversión un aislante térmico, además se deberá tener en cuenta las mismas indicaciones del supervisor de instalación de geosintéticos y las del fabricante de estos equipos.

Tener en cuenta siempre que en una soldadura por extrusión el cordón de soldadura permanece caliente entre 200 - 230 °C por unos minutos hasta que disminuye gradualmente su temperatura y que debe ser en forma natural por esa razón no se debe tener ningún tipo de contacto directo con él.

Jamás comprobar la temperatura de los equipos y soldadura directamente con las manos, utilice siempre las herramientas apropiadas para tal función (termómetros digitales de contacto, láser, etc.).

El grupo electrógeno que se utilice debe cumplir con todos los estándares que rigen en el manual de control de pérdidas.

Todas las costuras o uniones soldadas por extrusión serán registradas en el formato que haya sido establecido al inicio del proceso de gestión de control de calidad.

4.3.3.2.1 Control de calidad en uniones por extrusión – prueba de vacío

Se utiliza como complemento a las pruebas de aire en aquellos casos en que la soldadura no ha pasado la prueba de aire y no se puede localizar el punto de falla. Para realizar este ensayo se debe retirar la aleta del traslape y aplicar la caja de vacío sobre la soldadura. Las pruebas se realizarán luego de haber culminado las costuras soldadas.

La prueba de vacío se ejecuta comúnmente sobre las soldaduras de extrusión y se puede utilizar en casos excepcionales sobre las soldaduras de fusión. Esta prueba se realizará a solicitud el cliente. Los resultados se registran en el formato establecido en el plan de calidad.

Procedimiento:

El parche o cordón a ensayar debe estar limpia, exenta de polvo y libre de restos de geomembrana u otro material que pudiera alterar el ensayo.

Preparar una solución de agua y jabón y mojar una sección del parche o cordón utilizando una escobilla.

Colocar la caja de vacío sobre el área con solución jabonosa y aplicar el peso del cuerpo para formar una junta entre el sello de espuma y el revestimiento de tal manera que la junta este al centro.

Debido a la acción de la bomba de vacío, el aire dentro de la caja será succionado creando una presión negativa entre 28 Kpa y 55 Kpa. Mantener la presión por lo menos de 15 segundos.

Observar la junta a través de la parte transparente de la caja. En caso de existir fuga, serán detectadas porque se formarán burbujas con la solución jabonosa en el punto de falla. En ese caso, se debe retirar el equipo y hacer una marca para una posterior reparación y ensayo.

Si no se observan burbujas se da por terminado el ensayo y se trasladará la caja sobre la siguiente área húmeda para probarla con un ligero traslape (7,5 cm. ó 3 pulgadas).

Tabla 23: Ejemplo práctico de datos de prueba de aire

DATOS DEL PARCHÉ	
Nº de prueba	85
Ubicación	P-836
Fecha soldado	21-11-2021
Técnico soldado	Franco Villarán

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.2.2 Control de calidad en uniones por extrusión – prueba de chispa eléctrica

La prueba de chispa eléctrica se ejecutará sobre todas las soldaduras de extrusión que lleven alambre de cobre.

Básicamente, este ensayo está orientado a ser efectuado en lugares de difícil accesibilidad por parte de caja de vacío. No obstante, lo anterior, su campo de trabajo determinado a materiales.

El técnico de control de calidad deberá revisar el sector defectuoso y será marcado para su reparación. La reparación consiste en esmerilar la zona defectuosa sobre el cordón y luego colocar un nuevo cordón de extrusión sobre el existente. Este procedimiento se aplicará por única vez, en caso de mantenerse la falla del mismo sector, se deberá reemplazar el cordón o parche. No se permitirá efectuar varias soldaduras una sobre otra. Si la magnitud de la falla es importante, se recomienda levantar el cordón defectuoso y volver a soldar. Los resultados se registran en el formato establecido en el plan de calidad.

Se debe tener la precaución de que, al momento de colocar el alambre de cobre, este quede exactamente en la unión entre las dos geomembranas.

4.3.3.2.3 Control de calidad en uniones por extrusión – destructivos de extrusión

Las pruebas destructivas de soldaduras por extrusión, se realiza con tensiómetros aprobados. La muestra extraída de los cordones de extrusión (parches), de campo será ensayada por el técnico del tensiómetro autorizado, él será el responsable de la ejecución y evaluación de los resultados de la prueba e informar al Supervisor de control de calidad de los resultados.

A la muestra extraída se cortarán 10 probetas (testigos) de 1" de ancho y 6" de largo; de las cuales: las primeras 5 probetas serán sometidas a ensayo dimensional verificando espesores de ambas geomembranas utilizando un vernier (pie de rey) y posterior ensayo de tracción al desgarro. En el caso de probetas de soldadura por extrusión, este ensayo se efectuará por un lado de la probeta. Las restantes 5 probetas, serán sometidas al ensayo de tracción corte.

Las probetas extraídas serán ensayadas por el técnico del tensiómetro utilizando un tensiómetro que cumpla con las especificaciones técnicas del proyecto (velocidad de ensayo: 2" /min en geomembrana de HDPE y 20" /min en geomembrana de LLDPE).

Tabla 24: Criterios de aceptación de destructivas de extrusión

CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA ENSAYO AL CORTE	
Tipo de rotura	Separación del plano de lámina (FTB, por sus siglas en inglés)
Inspección	Visual
Probetas	Si las 05 probetas cumplen con la resistencia mínima. Si las probetas cumplen especificaciones y ASTM
	La resistencia mínima está definida en las especificaciones del proyecto, por el fabricante o de acuerdo a lo que indique la norma GRI GM19. La elongación deberá ser >50% durante este ensayo
CRITERIOS DE ACEPTACIÓN PARA ENSAYO AL DESGARRO	
Tipo de rotura	Separación del plano de lámina (FTB, por sus siglas en inglés)
Inspección	Visual
Probetas	Si las 05 probetas cumplen con la resistencia mínima. Si las probetas cumplen especificaciones y ASTM
	Longitud lineal de despegue debe ser <25% para HDPE y LLDPE y sus combinaciones de geomembrana según tipo de roturas aceptables e indicadas por la norma ASTM (área)

Fuente: Elaboración propia

Los ensayos destructivos se consideran aprobados si se cumple con los criterios de aceptación. En caso de no cumplir, se deberá efectuar el siguiente procedimiento:

- En caso de ser un parche se debe sacar una destructiva antes y después hasta obtener un resultado satisfactorio.
- Una vez que el ensayo sea aceptado de acuerdo al criterio de aceptación, se reparará la zona intervenida utilizando un reemplazo con otro parche y hacer las pruebas de control de calidad.
- Las reparaciones mediante la aplicación de cordones de soldadura de extrusión, sobre la soldadura existente no están permitidas.
- Estas nuevas uniones deberán ser sometidas a los mismos ensayos, tanto No destructivos como destructivos para garantizar la calidad de los trabajos.
- Los cupones serán desechados una vez que sean inspeccionados por el cliente conjuntamente con el Supervisor de aseguramiento de calidad.

4.3.3.3 Frecuencia para ensayos destructivos de fusión y extrusión

Como parte de los procesos de evidenciar los cumplimientos de la calidad de la instalación de geomembrana, se debe garantizar que el número de ensayos ejecutados cumple las frecuencias establecidas en la documentación técnica del proyecto. Para ello se describe un cuadro de frecuencias establecidas en las normas de instalación de geosintéticos según la siguiente tabla.

Tabla 25: Frecuencia para ensayos destructivos y no destructivos

Ensayo Destructivo y No Destructivo	Frecuencia
Destructivos Fusión y Extrusión	Cada 150 metros lineales de soldadura o 30 Parches
Pruebas iniciales Soldadura Fusión y Extrusión	Cada 5 horas de trabajo
Prueba de Aire	A Costuras realizadas por cuña caliente
Prueba de Cuchara	A Costuras realizadas por cuña caliente
Prueba de Chispa Eléctrica	A Parches
Prueba de Vacío	A Parches y Vedas
<p>Nota: El punto de fusión del polietileno es único y varía de acuerdo a los parámetros (altitud y presión atmosférica), por tanto, la soldadura del polietileno se efectúa entre 220 a 240°C para geomembrana HDPE y entre 10 y 15 grados menos para geomembrana LLDPE. Para maquinas soldadoras por cuña caliente los datos de soldadura de la maquina lo suministra el fabricante y es independiente para cada marca y modelo de máquina. Se registrará un valor del espesor de lámina de ambas laminas (inferior y superior) para el caso de destructivos (Extrusión y Fusión)</p>	

Fuente: Elaboración propia, en base a la norma ASTM D6392 y GRI GM20

4.3.3.4 Caminatas preliminares de áreas instaladas de geomembrana (pre caminatas)

Se realizarán pre caminatas de entrega de área con la participación de los técnicos y supervisor de control de calidad, cuando se cumplan los siguientes procedimientos:

- Cuando las instalaciones de los geosintéticos se hayan completado al 100%.

- Cuando las pruebas de control de calidad tanto como destructivas y no destructivas se hayan cumplido al 100%.
- Cuando toda la documentación este firmada por control y aseguramiento de calidad.
- Cuando se cumpla con una pre-lectura de croquis al 100%.
- Cuando se realice una pre-caminata al 100%.
- En todos los casos precedentes, debe haber conformidad de la información y registros.

4.3.3.5 Caminatas Finales de Áreas Instaladas de Geomembrana

Es la fase final del procedimiento de instalación de geomembrana y debe realizarse la entrega del área de geomembrana instalada debiéndose corroborado el estricto cumplimiento de todos los requisitos de calidad del proyecto.

Se convocará a caminatas finales cuando:

- Cuando se hayan cumplido todos los pasos o procesos de las pre-caminatas y las pre-lecturas.
- Cuando las observaciones realizadas durante la caminata de aceptación se hayan levantado satisfactoriamente para el cliente o sus representantes.

4.4 Control de Calidad de instalación de geomembrana

Para nuestro caso de estudio se ha recopilado, procesado y analizado información del proceso de instalación de geomembrana correspondiente a dos empresas contratistas en un proyecto minero a 34 km de la ciudad de Cajamarca ejecutado en el periodo mayo a octubre del año 2021. El proyecto ejecutado asciende a la suma de alrededor de \$14,500,000.00 y es parte del plan de extensión de esta unidad minera situada en esta región de Cajamarca.

En concordancia con la secuencia y proceso de instalación de geomembrana descrito en el ítem 4 de este trabajo, se ha realizado la compilación de todos los datos conforme se muestra en los siguientes gráficos y tablas. Los datos, en base a la cual se fundamenta nuestro análisis materia de esta tesis, son:

- Despliegue e instalación de geomembrana: 149,120.24 m².
- Número de pruebas iniciales de fusión: 349 pruebas.
- Número de pruebas iniciales de extrusión: 469 pruebas.
- Longitud de uniones por fusión: 24,153 ml.
- Longitud de parches por extrusión: 4,316.85 ml.
- Número de ensayos no destructivos – pruebas de aire: 1,042 pruebas.
- Número de ensayos no destructivos – pruebas de vacío: 1,110 pruebas.
- Número de ensayos destructivos – por fusión: 211 ensayos (la frecuencia es 01 ensayo destructivo por cada 150 ml de unión por fusión).
- Número de ensayos destructivos – por extrusión: 75 ensayos (la frecuencia es 01 ensayo destructivo por cada 150 ml de unión por extrusión).

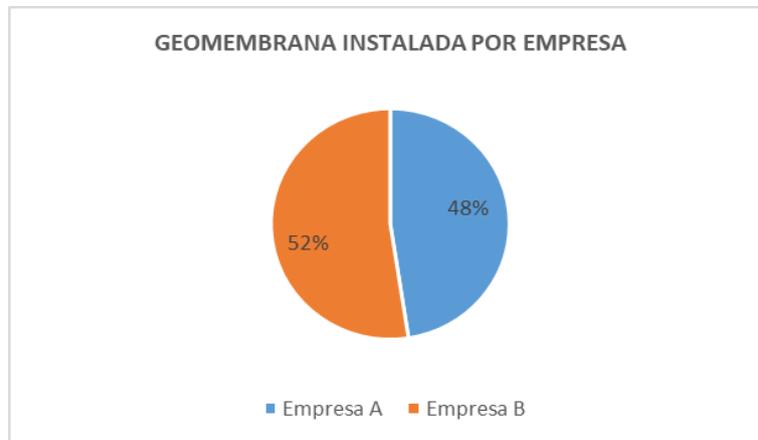
A continuación, se describe de modo gráfico los datos recolectados por tipo de actividad, así como por cada empresa que ha participado en esta actividad de instalación de geomembrana.

Tabla 26: Cuadro de despliegue de geomembrana por empresa

INSTALACION DE GEOMEMBRANA LLDPE (m²)		
Empresa A	70,909.12	48%
Empresa B	78,211.12	52%
TOTAL	149,120.24	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 13: Proporción de despliegue de geomembrana por empresa



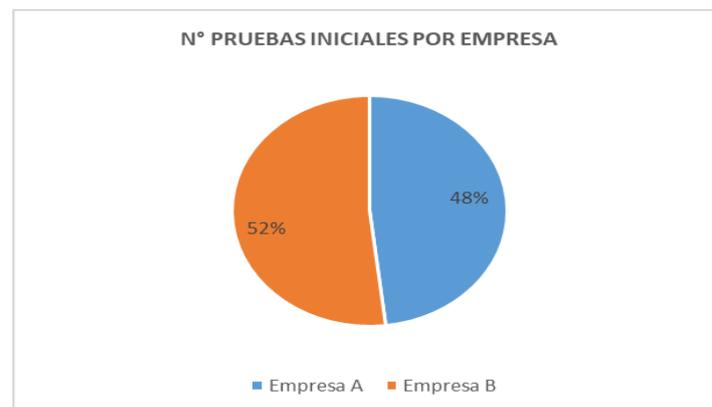
Fuente: Elaboración propia

Tabla 27: Número de pruebas iniciales (fusión) por empresa

NÚMERO PRUEBAS INICIALES POR EMPRESAS		
Empresa A	168	48%
Empresa B	181	52%
TOTAL	349	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 14: Proporción de pruebas iniciales (fusión) por empresa



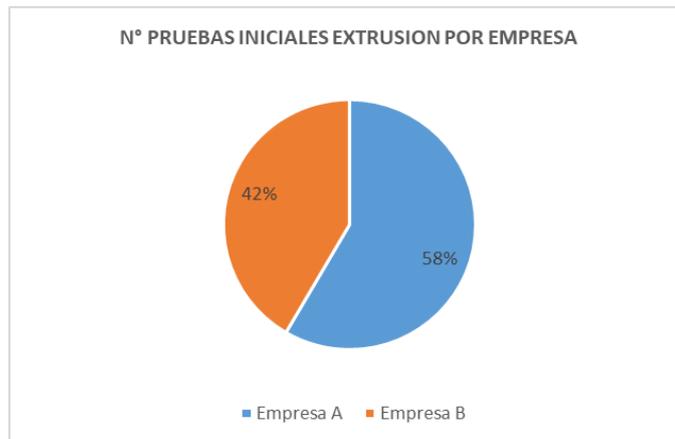
Fuente: Elaboración propia

Tabla 28: Número de pruebas iniciales (extrusión) por empresa

NÚMERO PRUEBAS INICIALES POR EMPRESAS POR EXTRUSIÓN		
Empresa A	274	58%
Empresa B	195	42%
TOTAL	469	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 15: Proporción de pruebas iniciales (extrusión) por empresa



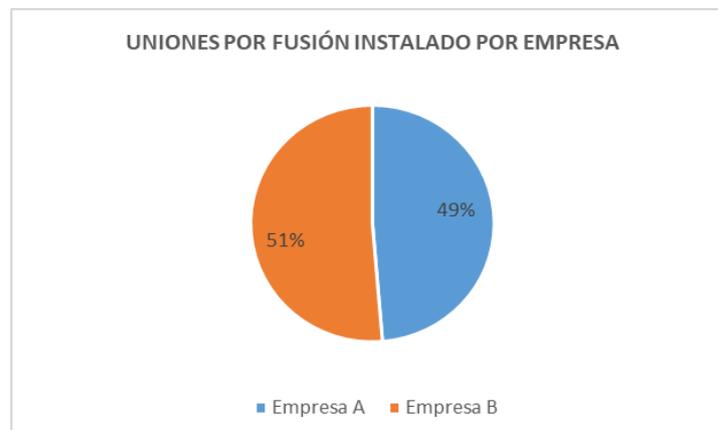
Fuente: Elaboración propia

Tabla 29: Longitud de uniones por fusión por empresa

LONGITUD UNIONES POR FUSION POR EMPRESA (ml)		
Empresa A	11,759.90	49%
Empresa B	12,393.10	51%
TOTAL	24,153.00	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 16: Proporción de uniones por fusión por empresa



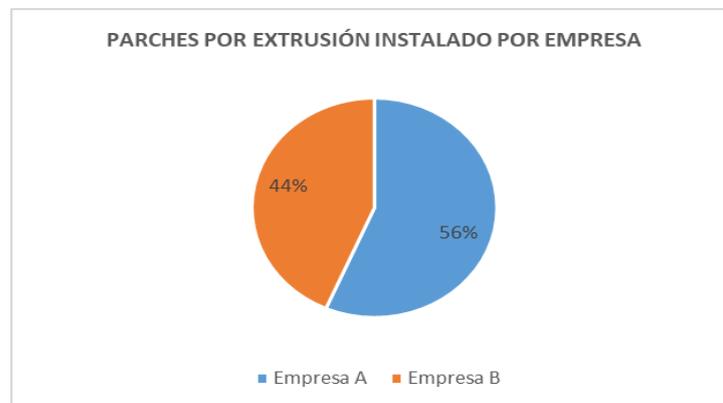
Fuente: Elaboración propia

Tabla 30: Longitud de parches por extrusión por empresa

LONGITUD PARCHES POR EXTRUSION POR EMPRESA (ml)		
Empresa A	2,438.60	56%
Empresa B	1,878.25	44%
TOTAL	4,316.85	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 17: Proporción de parches por extrusión por empresa



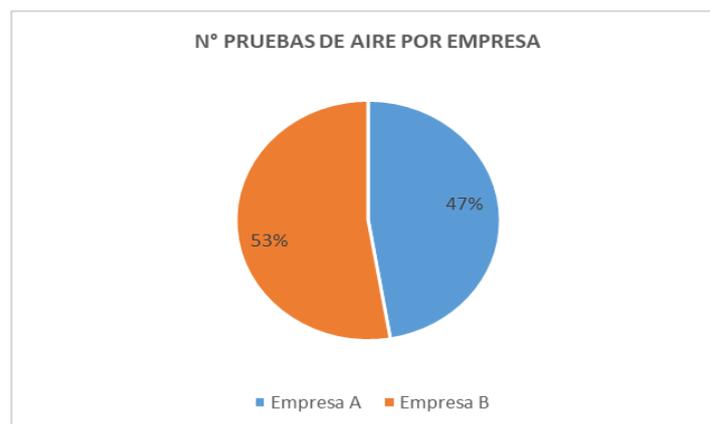
Fuente: Elaboración propia

Tabla 31: Ensayos no destructivos por empresa – prueba de aire

N° ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS POR EMPRESA PRUEBAS DE AIRE		
Empresa A	493	47%
Empresa B	549	53%
TOTAL	1042	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 18: Proporción de ensayos no destructivos – prueba de aire



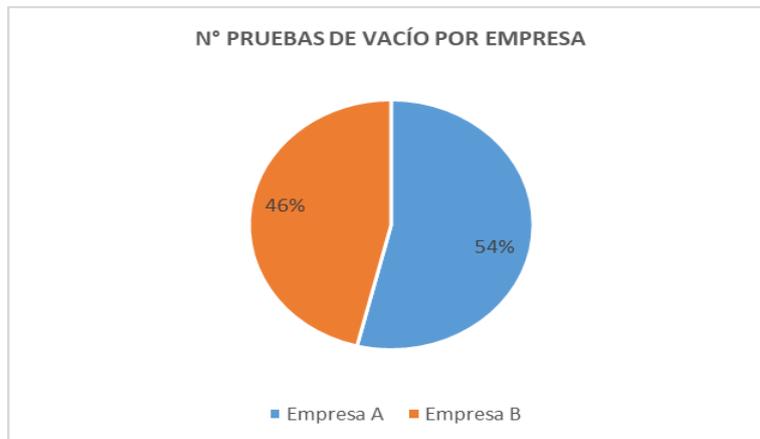
Fuente: Elaboración propia

Tabla 32: Ensayos no destructivos por empresa – prueba de vacío

N° ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS POR EMPRESA PRUEBAS DE VACÍO		
Empresa A	598	54%
Empresa B	512	46%
TOTAL	1110	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 19: Proporción de ensayos no destructivos – prueba de vacío



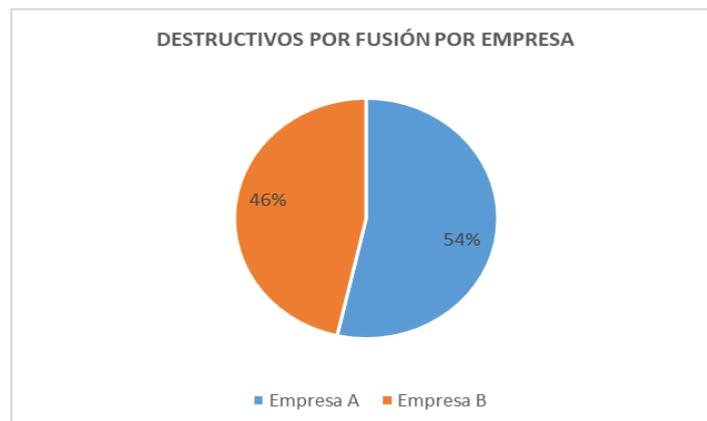
Fuente: Elaboración propia

Tabla 33: Ensayos destructivos por empresa – destructivos de fusión

N° ENSAYOS DESTRUCTIVOS POR EMPRESA DESTRUCTIVOS DE FUSION		
Empresa A	113	54%
Empresa B	98	46%
TOTAL	211	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 20: Proporción de ensayos destructivos – destructivos de fusión



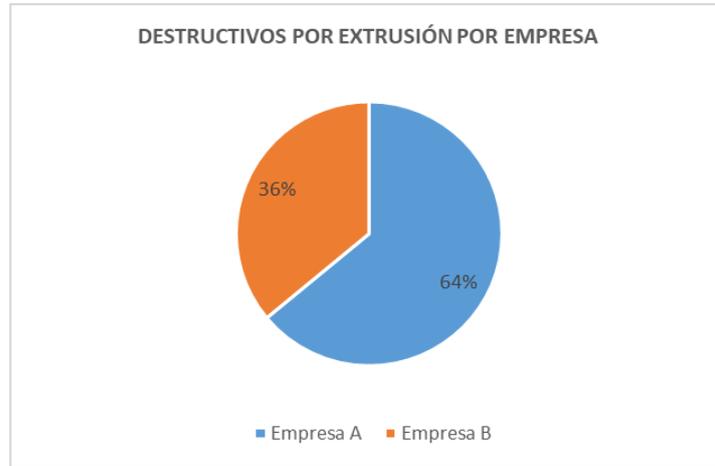
Fuente: Elaboración propia

Tabla 34: Ensayos destructivos por empresa – destructivos de extrusión

N° ENSAYOS DESTRUCTIVOS POR EMPRESA DESTRUCTIVOS DE EXTRUSIÓN		
Empresa A	48	64%
Empresa B	27	36%
TOTAL	75	100%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 21: Proporción de ensayos destructivos – destructivos de extrusión



Fuente: Elaboración propia

4.5 Resultados respecto a la aplicación de Listas de Chequeo

Listas de chequeo para pruebas iniciales de soldaduras por fusión y extrusión

Al realizar el análisis de los registros de ejecución de las pruebas iniciales (ver ítem 4.3.2 referente a esta actividad) se identificó fallas en la ejecución de pruebas iniciales de los equipos de soldadura por fusión y extrusión, conforme se muestra en las siguientes ilustraciones 22 a 25. En esta ilustración, podemos verificar las causas de las fallas en las pruebas iniciales de los equipos de soldadura. Dada la importancia de estas pruebas, en el sentido que sirven a los técnicos, para calibrar los equipos antes de iniciar soldadura de manera que los procedimientos de uniones de geomembrana se ejecuten conforme especificaciones técnicas, se hace necesario el uso de las listas de chequeo para identificar, registrar y determinar las acciones correctivas (tanto por equipos como por personal) de manera inmediata.

Ilustración 22: Ensayos de pruebas iniciales por extrusión que fallaron – empresa A

PREWELD SOLDADURA POR EXTRUSION										Peel 385 min.					Shear 525 min.					Geomembrana	Comentarios
Prueba Preweld N°	Hora de Preweld	Fecha de Preweld	MAQUINA EXTRUSORA N°	Temperatura		Tecnico Extrusorista Soldador	HOJA	Máxima Tracción (Lb/pulg.)					Estado	Máx. Tracción (lb/pulg)					Estado		
				°C	A.C.																
03	9:00	24-Jun-21	14233	280	590	Fernando Castrejón	2	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por exceso de amolado
27	14:25	3-Jul-21	14233	300	600	Pedro Marcelo	12	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falta anotación porqué
38	10:40	8-Jul-21	14330	285	7	Juan Ishpilco	17	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por adherencia
44	14:10	9-Jul-21	14330	285	7	Juan Ishpilco	20	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por corte de cobre.
45	8:45	10-Jul-21	14233	300	600	Pedro Marcelo	21	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falta anotación porqué
46	9:05	10-Jul-21	14330	285	7	Juan Ishpilco	21	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falta anotación porqué
53	12:00	11-Jul-21	14330	285	7	Juan Ishpilco	24	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por corte de cobre.
59	9:40	13-Jul-21	14330	285	7	Juan Ishpilco	27	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por falta de temperatura
78	8:35	17-Jul-21	14233	280	590	Fernando Castrejón	35	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por exceso de amolado
79	8:50	17-Jul-21	14330	285	7	Juan Ishpilco	35	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por humedad
82	8:50	18-Jul-21	14330	285	7	Juan Ishpilco	37	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por corte de cobre.
84	8:10	19-Jul-21	14233	280	590	Fernando Castrejón	38	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por exceso de amolado
86	8:30	19-Jul-21	14330	285	7	Juan Ishpilco	38	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por exceso de amolado
87	9:00	19-Jul-21	14330	285	7	Juan Ishpilco	39	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por exceso de amolado
93	8:55	21-Jul-21	14233	280	590	Fernando Castrejón	41	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por exceso de amolado
103	8:35	24-Jul-21	14233	300	600	Pedro Marcelo	46	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por exceso de amolado
104	8:40	24-Jul-21	14284	280	6	Fernando Castrejón	46	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por falta de aire caliente.
105	9:00	24-Jul-21	14284	280	6	Fernando Castrejón	46	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por falta de aire caliente
107	9:15	24-Jul-21	14284	280	6	Fernando Castrejón	47	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por exceso de amolado
115	8:15	27-Jul-21	14330	280	7	Pedro Marcelo	51	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por exceso de amolado
122	8:00	30-Jul-21	14330	280	7	Pedro Marcelo	54	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por exceso de amolado
127	14:40	1-Ago-21	14284	290	6	David Tejada	56	F	A	L	L	A	Falla	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	Falla	LLDPE ST 2.0 mm	Falla por exceso de amolado

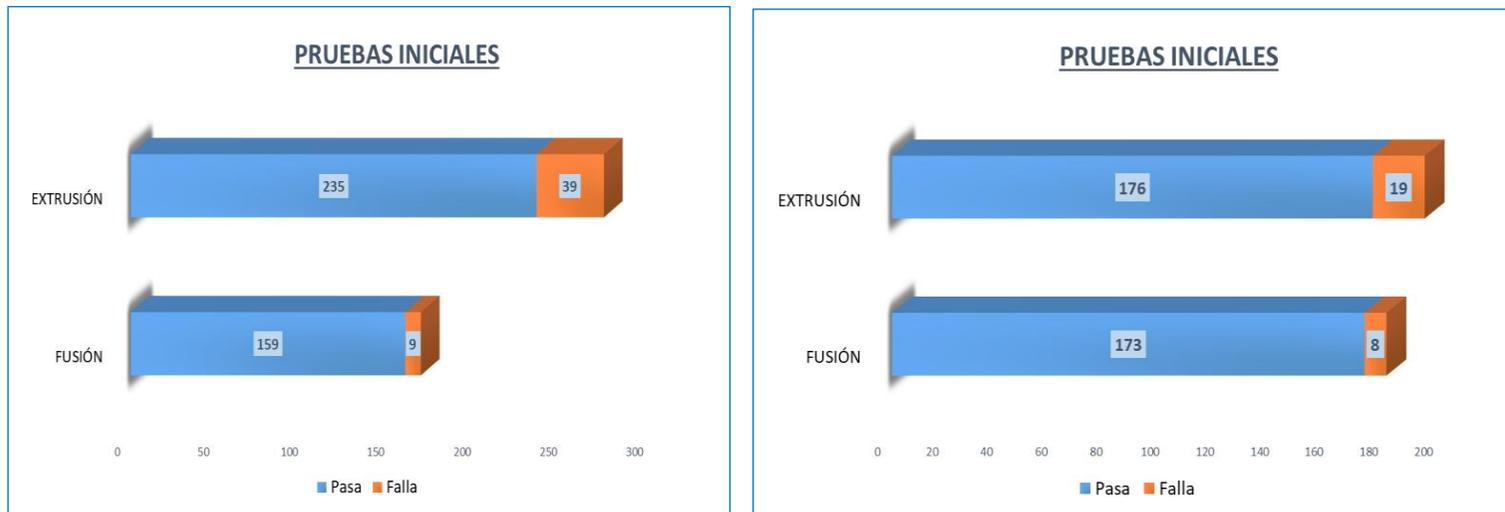
Ilustración 25: Ensayos de pruebas iniciales por extrusión que fallaron – empresa B

PREWELD SOLDADURA POR EXTRUSION															
Prueba Preweld N°	Hora de Prewel	Fecha de Prewel	MAQUINA EXTRUSORA			Tecnico Extrusorista Soldador	HORA	Peel			Shear			Geomembrana	Comentarios
			Extrusora N°	Temperatura °C	A.C.			Máxima Tracción (lb/Pulg.)	Estado	Máx. Tracción (lb/pulg.)	Estado				
187	14:30	15-Oct-21	14534	285	6	Segundo Huamán	96	40	88	54.54	120		LLDPE ST/DT 2.0 mm	Falla por exceso de amolado	
195	15:45	16-Oct-21	14534	285	6	Segundo Huamán	98	FALLA	FALLA	Falla	Falla		LLDPE ST/DT 2.0 mm	Falla por despegue de cupón	

- Para la empresa A; se tuvo 39 pruebas iniciales por extrusión y 09 pruebas iniciales por fusión, que fallaron, lo que representa el 14.23% y 5.36% del total, respectivamente; que en términos prácticos- implica una prueba fallida por semana.
- Para la empresa B; se tuvo 19 pruebas iniciales por extrusión y 08 pruebas iniciales por fusión, que fallaron, lo que representa el 9.74% y 4.42% del total, respectivamente; que en términos prácticos- implica una prueba fallida cada diez días.

Ilustración 26: Ensayos pasantes vs fallas – pruebas iniciales

(lado izquierdo empresa A / lado izquierdo empresa B)



Fuente: Elaboración propia

En este contexto, luego de haber procesado y sistematizado la información referente a las fallas en las pruebas iniciales de soldadura por fusión y extrusión; vemos la importancia de generar y administrar de manera sistemática la lista de chequeo para pruebas iniciales. Se plantea la lista de chequeo conforme se muestra en la ilustración 27.

Ilustración 27: Lista de chequeo para mejorar resultados de pruebas iniciales de fusión

LISTA DE CHEQUEO PARA PRUEBAS INICIALES POR FUSIÓN

Nombre del proyecto:

Estructura o facilidad:

Ubicación:

Técnico responsable:

Supervisor responsable:

Documentación técnica de referencia:

LOGO DE EMPRESA

FECHA	CONDICION DEL PERSONAL	PASA / FALLA	CONDICION DE MATERIALES	PASA / FALLA	CONDICION DE EQUIPO DE SOLDADURA	PASA / FALLA	CONDICIONES CLIMÁTICAS	PASA / FALLA
	Experiencia del personal técnico		Verificación láminas de geomembrana a soldar		Certificados de calibración u operatividad de equipo de fusión		Verificación de las condiciones climáticas favorables	
	El personal tiene aprobación de Supervisión		Verificación de certificados de calidad de materiales		Calibración de equipo de fusión		Se ha implementado condiciones para soldadura en clima adverso	
	El personal cuenta con acreditación o certificación		Limpieza de láminas de geomembrana		El personal conoce y está familiarizado con el equipo de fusión a usar			

Nota: Las condiciones expuestas en este formato, son referidas a la experiencia y el análisis de esta tesis de investigación, queda abierta la posibilidad de adecuación y complementación con los elementos que sean necesarios de acuerdo a la naturaleza y tipo de proyecto.

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 28: Lista de chequeo para mejorar resultados de pruebas iniciales de extrusión

LISTA DE CHEQUEO PARA PRUEBAS INICIALES POR EXTRUSIÓN	
Nombre del proyecto:	LOGO DE EMPRESA
Estructura o facilidad:	
Ubicación:	
Técnico responsable:	
Supervisor responsable:	
Documentación técnica de referencia:	

TIPOS DE FALLA MÁS COMUNES:	Falla por exceso de amolado		Falla por adherencia		Falla por corte de hilo de cobre		Falla por falta de temperatura	
	Falla por exceso de humedad		Falla por falta de aire caliente		Falla por porosidad		Falla por despegue de cupón	
Otras condiciones de identificación de falla	Falta de anotación de causas							

FECHA	CONDICION DEL PERSONAL	PASA / FALLA	CONDICION DE MATERIALES	PASA / FALLA	CONDICION DE EQUIPO DE SOLDADURA	PASA / FALLA	CONDICIONES CLIMÁTICAS	PASA / FALLA
	Experiencia del personal técnico		Verificación láminas de geomembrana a soldar		Certificados de calibración u operatividad de equipo		Verificación de las condiciones climáticas favorables	
	El personal tiene aprobación de Supervisión		Verificación del tipo cordón (aporte de extruído) de soldadura a usar		Calibración de equipo de extrusión		Se ha implementado condiciones para soldadura en clima adverso	
	El personal cuenta con acreditación o certificación		Verificación de certificados de calidad de materiales (lámina y cordón)		El personal conoce y está familiarizado con el equipo a usar			
	Experiencia del personal en el amolado de geomembrana		Limpieza de lámina de geomembrana		Correcta colocación de hilo de cobre desnudo			
			Verificación del secado del material del cordón de soldadura para evitar exceso de porosidad		Verificación de la temperatura y aire caliente de extrusora, conforme el tipo de geomembrana a soldar			

Nota: Las condiciones expuestas en este formato, son referidas a la experiencia y el análisis de esta tesis de investigación, queda abierta la posibilidad de adecuación y complementación con los elementos que sean necesarios de acuerdo a la naturaleza y tipo de proyecto.

Fuente: Elaboración propia

Listas de chequeo para pruebas de aire

Al realizar el análisis de los registros de ejecución de las pruebas de aire (ver ítem 4.3.3.1.1 referente a esta actividad) se identificó las fallas durante la ejecución de pruebas de aire para la soldadura por fusión, conforme se muestra en la siguiente ilustración 29 y 30. En esta ilustración, podemos verificar las causas de las fallas en las pruebas de aire durante la soldadura por fusión. Dada la importancia de estas pruebas, en el sentido que sirven a los técnicos, para corroborar la calidad requerida de las soldaduras por fusión de las uniones de geomembrana y se hayan ejecutado conforme especificaciones técnicas, se hace necesario el uso de las listas de chequeo para identificar, registrar las ocurrencias y determinar las acciones correctivas (tanto por equipos como por personal) de manera inmediata.

Ilustración 29: Ensayos de pruebas de aire por fusión que fallaron – empresa A

UNIONES POR FUSIÓN													PRUEBA DE AIRE															
27/12/2021 10:17													DF 77.838															
HOJA	Unión N°	Unión de Paneles	Fecha de Soldado	Hora de Soldado	MAQUINA DE FUSION			Tecnico Fucion Soldador	Longitud Soldadura			Traslape Panel		HOJA	CONTROL DE CALIDAD DE SOLDADURA POR FUSIÓN													
					Cuña N°	Temp. °C	Veloc. (m/min)		Unión (ml)	Acum. Dia (ML)	Acumulado (ml)	Superior	Inferior		AIRT TEST						PICK TEST							
															Prueba N°	Ubicación Paneles	Fecha Prueba	Tiempo (Hr.)		Presión (PSI)		Pasa o Falla	Tiempo (Hr.)		Pasa o Falla			
11	FA 81	20-101 Ex	05 Jul 21	10:00	4326	450	2.3	Elider Flores	5.00			20	101 Ex	10	85	20	101 Ex	05 Jul 21	13:15	0:00	0	0	Falla	OK	00:00	00:00	Falla	Falla
12	FA 108	02A-32	06 Jul 21	16:37	4326	450	2.3	Elider Flores	6.00			02A	32	12	104	02A	32	07 Jul 21					Falla	OK			Falla	Falla
###	347	121-101	14 Ago 21	12:15	3627	450	1.5	Fernando Castrejón	0.00			121	101	48	442	121	101	22 Ago 21					Falla	OK			Falla	Falla

Ilustración 30: Ensayos de pruebas de aire por fusión que fallaron – empresa B

UNIONES POR FUSION													CONTROL DE CALIDAD DE SOLDADURA POR FUSIÓN															
HOJA	Unión N°	Unión de Paneles	Fecha de Soldado	Hora de Soldado	MAQUINA DE FUSION			Tecnico Fucion Soldador	Longitud Soldadura			Traslape Panel		HOJA	CONTROL DE CALIDAD DE SOLDADURA POR FUSIÓN													
					Cuña N°	Temp. °C	Veloc. (m/min)		Unión (ml)	Acum. Dia (ML)	Acumulado (ml)	Superior	Inferior		AIRT TEST						PICK TEST							
															Prueba N°	Ubicación Paneles	Fecha Prueba	Tiempo (Hr.)		Presión (PSI)		Pasa o Falla	Tiempo (Hr.)		Pasa o Falla			
5	FA 14	6-7	02 Jul 21	16:20	3722	450	1.7	Noe Limay	40.00	202.00	484.00	6	7	5	14	6	7	02 Jul 21	17:00	17:05	35	35	Falla	OK	17:01	17:03	Pasa	OK
6	FA 17	14-15	03 Jul 21	15:56	3724	450	1.6	Asunción Chilón	42.00	123.00	607.00	14	15	6	17	14	15	03 Jul 21	16:44	16:49	35	35	Falla	OK	16:45	16:47	Pasa	OK

Ilustración 31: Lista de chequeo para mejorar resultados de pruebas de aire - soldaduras de fusión

Nombre del proyecto: _____ Estructura o facilidad: _____ Ubicación: _____ Técnico responsable: _____ Supervisor responsable: _____ Documentación técnica de referencia: _____	LOGO DE EMPRESA
--	-----------------

FECHA	NOMBRE DEL TÉCNICO	NÚMERO MANÓMETRO	HORA	PRESION INICIAL	PRESION FINAL	TIEMPO TRANSCURRIDO	RESULTADO	FIRMA DEL TÉCNICO	FIRMA DEL SUPERVISOR

Fuente: Elaboración propia

Listas de chequeo para pruebas de vacío

Al realizar el análisis de los registros de ejecución de las pruebas de vacío (ver ítem 4.3.3.2.1 referente a esta actividad) se identificó las fallas durante la ejecución de pruebas de vacío para la soldadura por extrusión, conforme se muestra en la siguiente ilustración 32 y 33. En esta ilustración, podemos verificar las causas de las fallas en las pruebas de vacío durante la soldadura por extrusión. Dada la importancia de estas pruebas, en el sentido que sirven a los técnicos, para corroborar la calidad requerida de las soldaduras por extrusión de la ejecución de parches en la geomembrana y se hayan realizado conforme especificaciones técnicas, se hace necesario el uso de las listas de chequeo para identificar, registrar las ocurrencias y determinar las acciones correctivas (tanto por equipos como por personal) de manera inmediata.

Ilustración 32: Ensayos de pruebas de vacío por extrusión que fallaron – empresa A

HOJA		Soldadura por Extrusion												PUEBA DE VACUMM Y S			
		Parche Cordon N°	N° Diario Parche	Fecha de Soldado	Hora de Soldado	Máquina Extrusora			Tecnico Extrusorista Soldador	Ubicación del Parche o Cordon	Longitud Soldadura			Destructivo DF DX	Fecha de Prueba	VACUMM TEST	
						Extr. N°	Temperatura °C	A.C.			Soldadura (ml)	Total x Hoja (ML)	Acumulado (ML)			Test (Pasa / Falla)	Reparacion (Pasa / Falla)
8	OK	46	46	03 Jul 21	17:45	14233	300	600	Pedro Marcelo	06 - 05 - 125Ex - 124	5.00			-	04 Jul 21	Falla	Pasa
14	OK	89	89	10 Jul 21	12:30	14233	300	600	Pedro Marcelo	24 - 23 - 22	4.30			-	12 Jul 21	Falla	Pasa
27	OK	205	205	26 Jul 21	11:30	14233	300	600	Pedro Marcelo	59 - Cap 11	2.50			-	26 Jul 21	Falla	Pasa
28	OK	219	219	26 Jul 21	15:45	14284	280	6	Fernando Castrejón	59 - Cap11 - 60 - 62	5.80			-	27 Jul 21	Falla	Pasa
34	OK	270	270	31 Jul 21	15:50	14284	290	6	David Tejada	64 - 53	4.50			-	06 Ago 21	Falla	Pasa
37	OK	291	291	02 Ago 21	11:25	14284	290	6	David Tejada	66 - 65	4.50			DF - 43	09 Ago 21	Falla	Pasa
43	OK	374	374	17 Ago 21	9:55	14284	300	280	Edgar Quispe	115-99-114	2.40			-	17 Ago 21	Falla	Pasa
44	OK	390	390	17 Ago 21	16:40	14330	280	7	Pedro Marcelo	85-76	4.20			DF-56	18 Ago 21	Falla	Pasa
44	OK	391	391	16 Ago 21	10:40	14233	280	590	Fernando Castrejón	85-76	6.70			70% NO VT	18 Ago 21	Falla	Pasa
58	OK	542	542	01 Set 21	15:00	14284	280	6	Fernando Castrejón	90-CAP23-105	7.80			-	05 Set 21	Falla	Pasa
58	OK	547	547	28 Ago 21	10:40	14233	300	600	Pedro Marcelo	90-102	4.40			DF-85	05 Set 21	Falla	Pasa

Ilustración 33: Ensayos de pruebas de vacío por extrusión que fallaron – empresa B



Ilustración 34: Lista de chequeo para mejorar resultados de pruebas de vacío – soldadura de extrusión

Nombre del proyecto: _____ Estructura o facilidad: _____ Ubicación: _____ Técnico responsable: _____ Supervisor responsable: _____ Documentación técnica de referencia: _____	LOGO DE EMPRESA									
FECHA	NOMBRE DEL TÉCNICO	NÚMERO VACUÓMETRO	Nº BOMBA	HORA	PRESION FINAL	PRESION INICIAL	TIEMPO	ESTADO	FIRMA DEL TÉCNICO	FIRMA DEL SUPERVISOR

Fuente: Elaboración propia

Listas de chequeo para pruebas de chispa eléctrica

Al realizar el análisis de los registros de ejecución de las pruebas de chispa eléctrica (ver ítem 4.3.3.2.2 referente a esta actividad) se identificó las fallas durante la ejecución de pruebas de chispa eléctrica para la soldadura por extrusión, conforme se muestra en la siguiente ilustración 35 y 36. En esta ilustración, podemos verificar las causas de las fallas en las pruebas de chispa eléctrica durante la soldadura por extrusión. Dada la importancia de estas pruebas, en el sentido que sirven a los técnicos, para corroborar la calidad requerida de las soldaduras por extrusión de la ejecución de parches en la geomembrana y se hayan realizado conforme especificaciones técnicas, se hace necesario el uso de las listas de chequeo para identificar, registrar las ocurrencias y determinar las acciones correctivas (tanto por equipos como por personal) de manera inmediata.

Ilustración 35: Ensayos de pruebas de chispa eléctrica por extrusión que fallaron – empresa A

HOJA		Soldadura por Extrusion												A DE VACUMM Y SPART		
		Parche Cordon N°	N° Diario Parche	Fecha de Soldado	Hora de Soldado	Maquina Extrusora			Tecnico Extrusorista Soldador	Ubicación del Parche o Cordon	Longitud Soldadura			Destructivo DF DX	SPART TEST	
						Extr. N°	Temperatura °C	A.C.			Soldadura (ml)	Total x Hoja (ML)	Acumulado (ML)		Test. (Pasa / Falla)	Reparacion (Pasa / Falla)
8	OK	46	46	03 Jul 21	17:45	14233	300	600	Pedro Marcelo	06 - 05 - 125E _x - 124	5.00			-	Falla	Pasa
44	OK	391	391	16 Ago 21	10:40	14233	280	590	Fernando Castrejón	85-76	6.70			70% NO VT	Falla	Pasa
58	OK	542	542	01 Set 21	15:00	14284	280	6	Fernando Castrejón	90-CAP23-105	7.80			-	Falla	Pasa
58	OK	547	547	28 Ago 21	10:40	14233	300	600	Pedro Marcelo	90-102	4.40			DF-85	Falla	Pasa

Ilustración 36: Ensayos de pruebas de vacío por extrusión que fallaron – empresa B

HOJA		Soldadura por Extrusion												A DE VACUMM Y SPART		
		Parche Cordon N°	N° Diario Parche	Fecha de Soldado	Hora de Soldado	Maquina Extrusora			Tecnico Extrusorista Soldador	Ubicación del Parche o Cordon	Longitud Soldadura			Destructivo DF DX	SPART TEST	
						Extr. N°	Temperatura °C	A.C.			Soldadura (ml)	Total x Hoja (ML)	Acumulado (ML)		Test. (Pasa / Falla)	Reparacion (Pasa / Falla)
20	OK	128	04	09 Ago 21	10:00	14533	285	8	Esau Valdivia	59/18EXT/60	3.90			-	Pasa	-
54	OK	397	397	06 Oct 21	11:10	14533	280	7	Luis Minchan	134 - 64 - 63	2.20			-	Pasa	-

Ilustración 37: Lista de chequeo para mejorar resultados de pruebas de chispa eléctrica – soldadura de extrusión

Nombre del proyecto: _____ Estructura o facilidad: _____ Ubicación: _____ Técnico responsable: _____ Supervisor responsable: _____ Documentación técnica de referencia: _____							LOGO DE EMPRESA	
FECHA	NOMBRE DEL TÉCNICO	NÚMERO EQUIPO SPARK TEST	HORA	INSPECCION VISUAL EQUIPO	ESCOBILLA	ESTADO DEL EQUIPO	FIRMA DEL TÉCNICO	FIRMA DEL SUPERVISOR

Fuente: Elaboración propia

Las listas de chequeo deben ser efectuadas por personal técnico capacitado, y para su validez debe estar firmado por el técnico y supervisor encargado de la realización de los trabajos. El registro de los datos debe ser minucioso y veraz, ya que es el punto de partida para iniciar todas las actividades, con la finalidad de

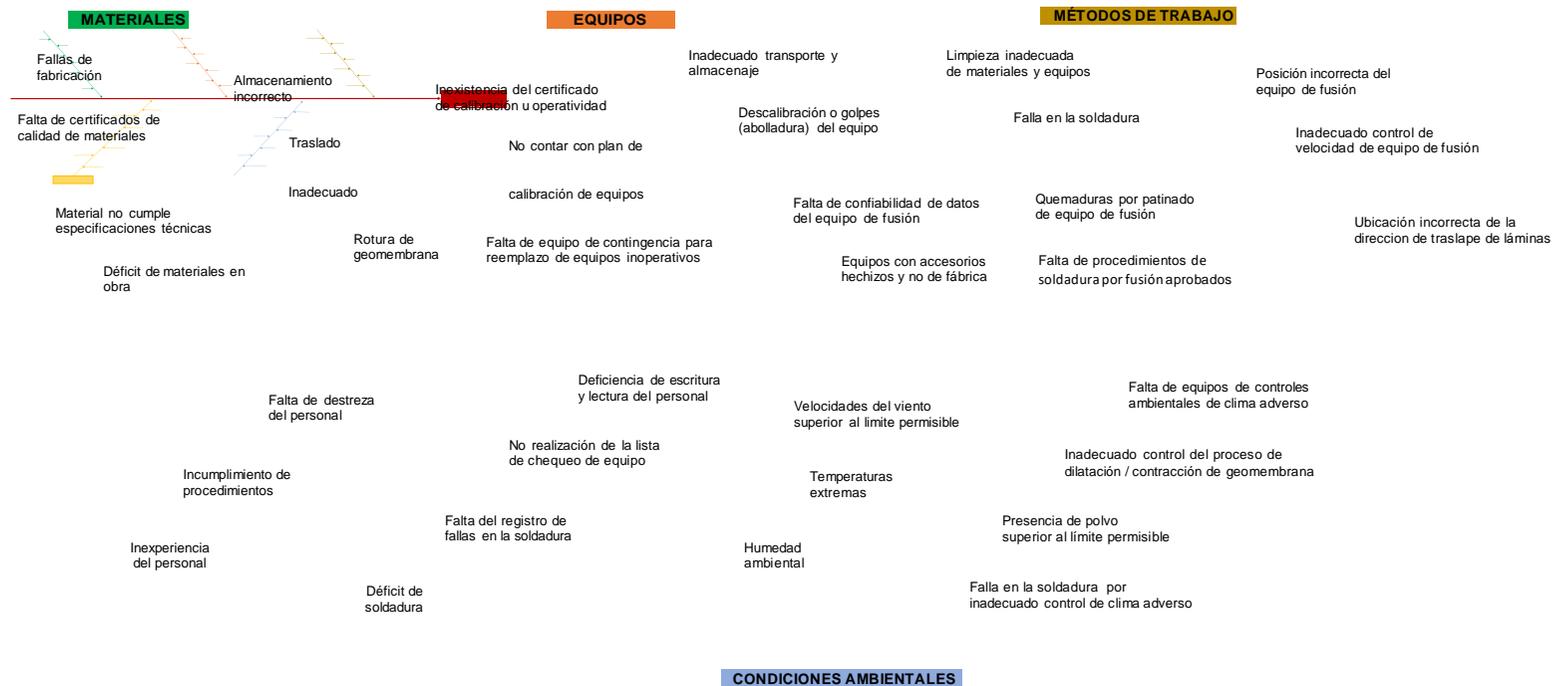
detectar deficiencia en los equipos y personal previo a la realización de actividades, para evitar re-procesos innecesarios que conlleven pérdidas en tiempo y, consecuentemente, impacto en plazo y costos.

4.6 Resultados respecto a la aplicación de Diagrama de Causa-Efecto

Con esta herramienta, como su nombre lo indica, ayudaremos a identificar y establecer las posibles causas que contribuyen a que una soldadura por fusión y extrusión sean defectuosas. En base a la experiencia y análisis de datos de estudio de esta tesis de investigación, planteamos algunas causas que se pueden tomar de base para identificar –oportunamente- posibles fallas de manera que se implementen las acciones correctivas de manera inmediata.

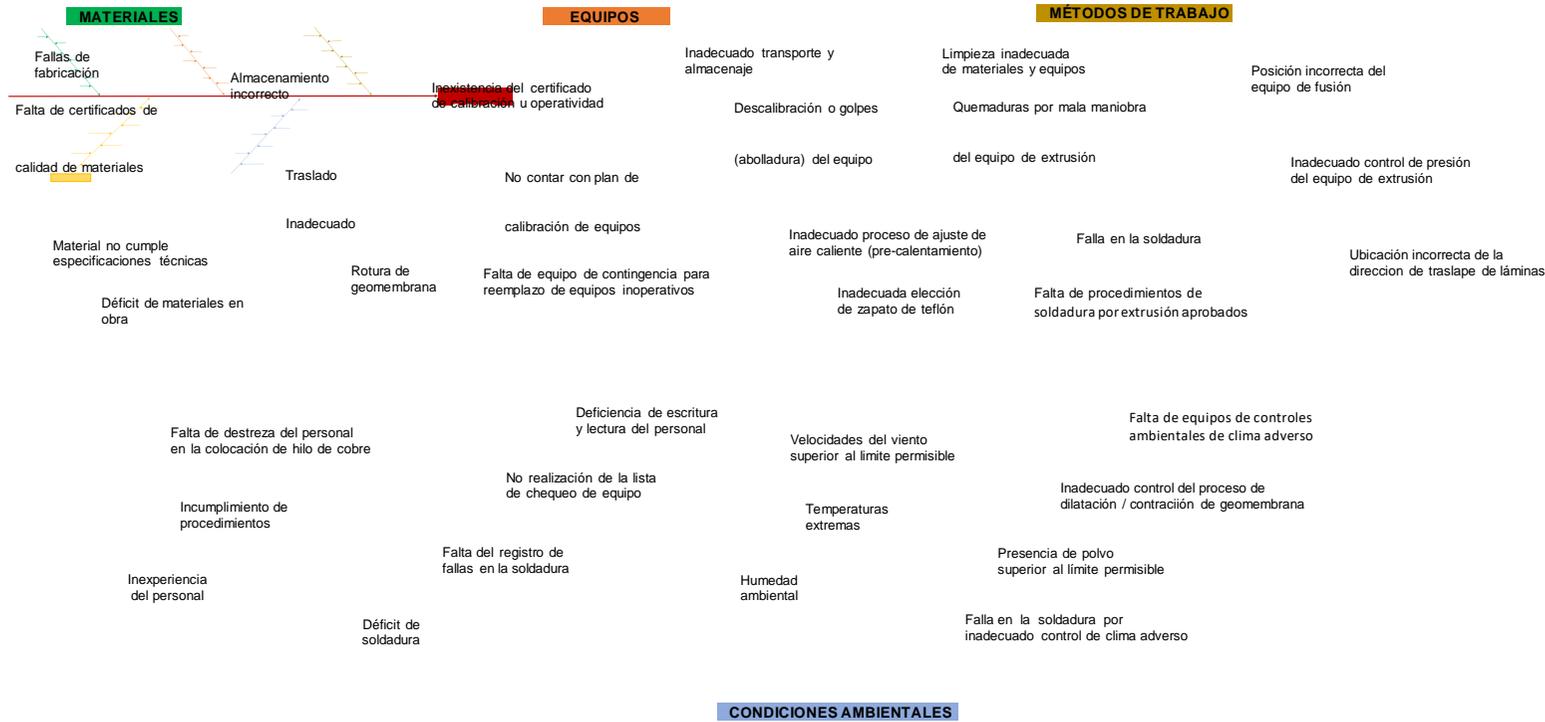
Se realiza entonces, una lista de teorías sobre posibles causas del problema, conforme se describe a continuación (ilustración 38 y 39), para el caso de soldadura defectuosa de unión de geomembrana por fusión o soldadura de cuña caliente y soldadura de extrusión o por aporte de extruido respectivamente.

Ilustración 38: Diagrama de causa efecto para soldadura defectuosa – soldadura de fusión



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 39: Diagrama de causa efecto para soldadura defectuosa – soldadura de extrusión



Fuente: Elaboración propia

Es en este sentido, que esta herramienta mediante el diagrama de causa – efecto, Ishikawa o espina de pescado, nos permite identificar las posibles causas que ocasionan las fallas o soldaduras defectuosas de manera que se pueda buscar las causas a fin de implementar las medidas correctivas oportunamente para corregir el proceso. Los diagramas de causa - efecto nos ayuda a identificar, sin ser determinante, las causas que serán evaluadas en el diagrama de pareto, pues las medidas correctivas serán priorizadas luego del análisis de los pocos vitales del mismo.

4.7 Resultados respecto a la aplicación de Histogramas

Los histogramas permiten visualizar puntualmente los intervalos de tiempo en el cual ocurre la mayor incidencia de fallas, de manera que nos permita identificar las causas que la ocasionaron; en este caso la semana 25 y 34 presenta el mayor porcentaje de fallas. Esta identificación detectada a tiempo permitirá tomar las medidas correctivas inmediatas que contribuyan a la mejora continua.

4.7.1 Fallas en pruebas iniciales de soldadura por fusión

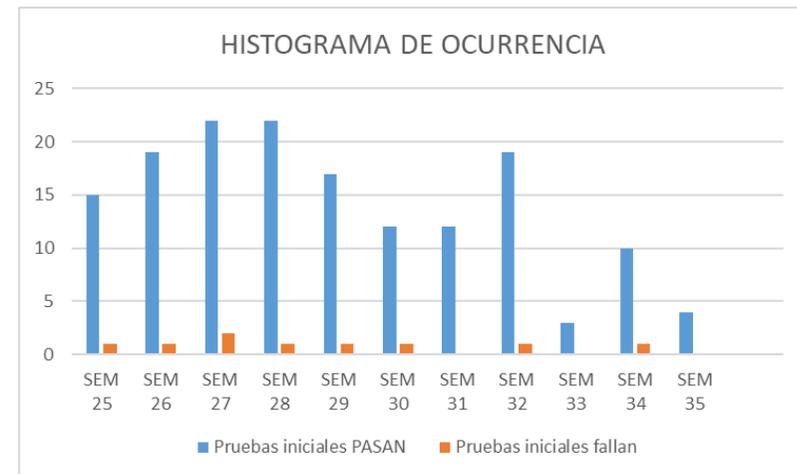
Los datos que se muestran a continuación, corresponden a las pruebas iniciales de soldadura por fusión, ocurridos para las empresas A y B, comprendidos de la semana 25 a la semana 41 del año 2021. En las ilustraciones 40 a 43, se puede apreciar la importancia de la utilización de los histogramas a fin de visualizar apropiadamente el comportamiento de las pruebas iniciales de soldadura de fusión de PASAN así como las que FALLAN.

Ilustración 40: Frecuencia por semana Empresa A – pruebas iniciales por fusión

N° SEMANA	TOTAL PRUEBAS INICIALES	PRUEBAS INICIALES PASAN	% PRUEBAS PASAN	PRUEBAS INICIALES FALLAN	% PRUEBAS FALLAN
SEM 25	16	15	94%	1	6%
SEM 26	20	19	95%	1	5%
SEM 27	24	22	92%	2	8%
SEM 28	23	22	96%	1	4%
SEM 29	18	17	94%	1	6%
SEM 30	13	12	92%	1	8%
SEM 31	12	12	100%	0	0%
SEM 32	20	19	95%	1	5%
SEM 33	3	3	100%	0	0%
SEM 34	11	10	91%	1	9%
SEM 35	4	4	100%	0	0%
SEM 37	4	4	100%	0	0%
TOTALES	168	159	95%	9	5%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 41: Histograma de pruebas – pruebas iniciales de soldadura por fusión



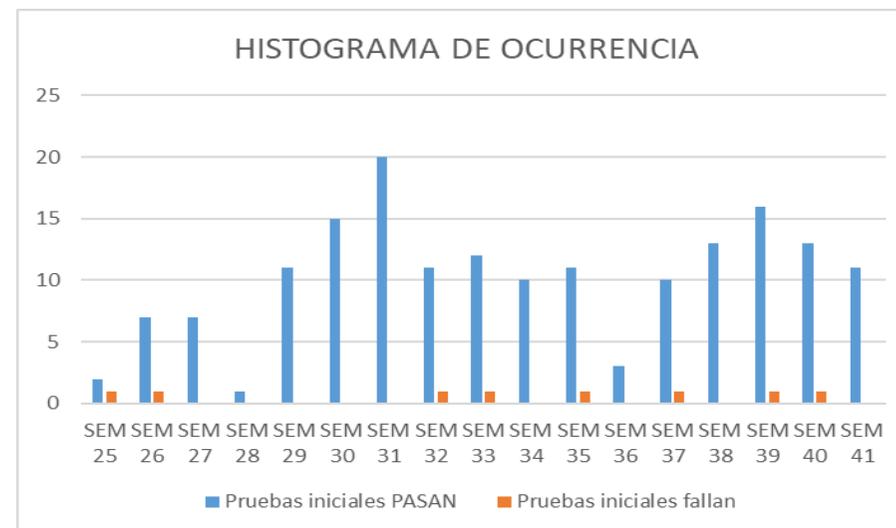
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 42: Frecuencia por semana Empresa B – pruebas iniciales por fusión

Nº SEMANA	TOTAL PRUEBAS INICIALES	PRUEBAS INICIALES PASAN	% PRUEBAS PASAN	PRUEBAS INICIALES FALLAN	% PRUEBAS FALLAN
SEM 25	3	2	67%	1	33%
SEM 26	8	7	88%	1	13%
SEM 27	7	7	100%	0	0%
SEM 28	1	1	100%	0	0%
SEM 29	11	11	100%	0	0%
SEM 30	15	15	100%	0	0%
SEM 31	20	20	100%	0	0%
SEM 32	12	11	92%	1	8%
SEM 33	13	12	92%	1	8%
SEM 34	10	10	100%	0	0%
SEM 35	12	11	92%	1	8%
SEM 36	3	3	100%	0	0%
SEM 37	11	10	91%	1	9%
SEM 38	13	13	100%	0	0%
SEM 39	17	16	94%	1	6%
SEM 40	14	13	93%	1	7%
SEM 41	11	11	100%	0	0%
TOTALES	181	173	96%	8	4%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 43: Histograma de pruebas – pruebas iniciales de soldadura por fusión



Fuente: Elaboración propia

4.7.2 Fallas en pruebas iniciales de soldadura por extrusión

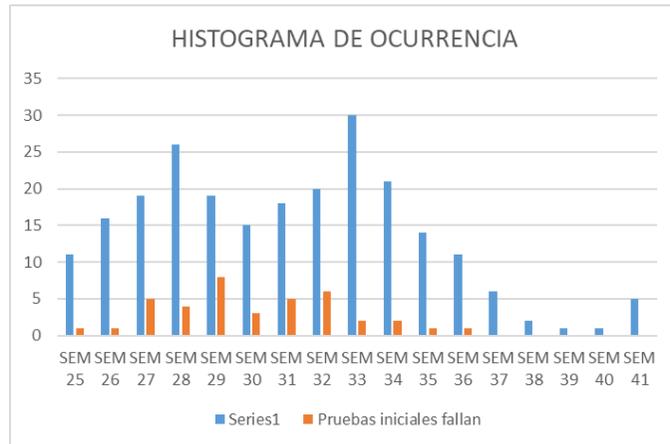
Los datos que se muestran a continuación, corresponden a las pruebas iniciales de soldadura por extrusión, ocurridos para las empresas A y B, comprendidos de la semana 25 a la semana 41 del año 2021. En las ilustraciones 44 a 47, se puede apreciar la importancia de la utilización de los histogramas a fin de visualizar apropiadamente el comportamiento de las pruebas iniciales de soldadura de fusión de PASAN así como las que FALLAN.

Ilustración 44: Frecuencia por semana Empresa A – pruebas iniciales por extrusión

N° SEMANA	TOTAL PRUEBAS INICIALES	PRUEBAS INICIALES PASAN	% PRUEBAS PASAN	PRUEBAS INICIALES FALLAN	% PRUEBAS FALLAN
SEM 25	12	11	92%	1	8%
SEM 26	17	16	94%	1	6%
SEM 27	24	19	79%	5	21%
SEM 28	30	26	87%	4	13%
SEM 29	27	19	70%	8	30%
SEM 30	18	15	83%	3	17%
SEM 31	23	18	78%	5	22%
SEM 32	26	20	77%	6	23%
SEM 33	32	30	94%	2	6%
SEM 34	23	21	91%	2	9%
SEM 35	15	14	93%	1	7%
SEM 36	12	11	92%	1	8%
SEM 37	6	6	100%	0	0%
SEM 38	2	2	100%	0	0%
SEM 39	1	1	100%	0	0%
SEM 40	1	1	100%	0	0%
SEM 41	5	5	100%	0	0%
TOTALES	274	235	86%	39	14%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 45: Histograma de pruebas – pruebas iniciales de soldadura por fusión



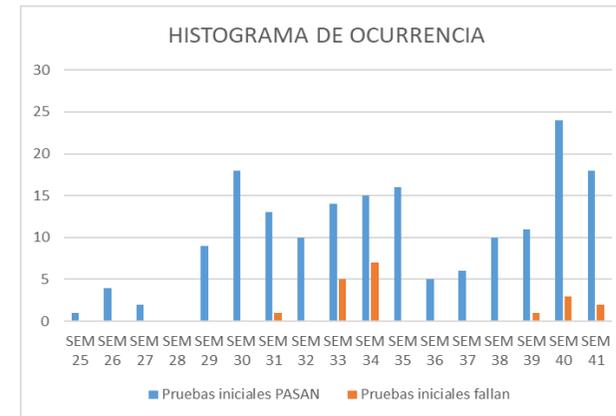
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 46: Frecuencia por semana Empresa B – pruebas iniciales por extrusión

N° SEMANA	TOTAL PRUEBAS INICIALES	PRUEBAS INICIALES PASAN	% PRUEBAS PASAN	PRUEBAS INICIALES FALLAN	% PRUEBAS FALLAN
SEM 25	1	1	100%	0	0%
SEM 26	4	4	100%	0	0%
SEM 27	2	2	100%	0	0%
SEM 28	0	0	0%	0	0%
SEM 29	9	9	100%	0	0%
SEM 30	18	18	100%	0	0%
SEM 31	14	13	93%	1	7%
SEM 32	10	10	100%	0	0%
SEM 33	19	14	74%	5	26%
SEM 34	22	15	68%	7	32%
SEM 35	16	16	100%	0	0%
SEM 36	5	5	100%	0	0%
SEM 37	6	6	100%	0	0%
SEM 38	10	10	100%	0	0%
SEM 39	12	11	92%	1	8%
SEM 40	27	24	89%	3	11%
SEM 41	20	18	90%	2	10%
TOTALES	195	176	90%	19	10%

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 47: Histograma de pruebas – pruebas iniciales de soldadura por fusión



Fuente: Elaboracion propia

4.8 Resultados respecto a la aplicación de Diagrama de Pareto

En este acápite vamos a analizar dos situaciones de utilización e importancia del agrama de Pareto. El primer problema que trataremos de solucionar con esta herramienta es: Fallas en pruebas iniciales de soldadura por fusión y extrusión; y el segundo problema es las no conformidades encontradas y sus causas de incumplimiento.

4.8.1 Fallas en Pruebas Iniciales de Soldadura por Fusión

Los datos corresponden a las pruebas iniciales de Soldadura por Fusión comprendidos de la semana 25 a 41 del año 2021.

Se identifica las causas que ocasionan las fallas en las pruebas iniciales. Conforme los datos de la ilustración 23 y 24 se construye el siguiente diagrama de Pareto.

Ilustración 48: Fallas de pruebas iniciales Empresa A y B – pruebas iniciales por fusión

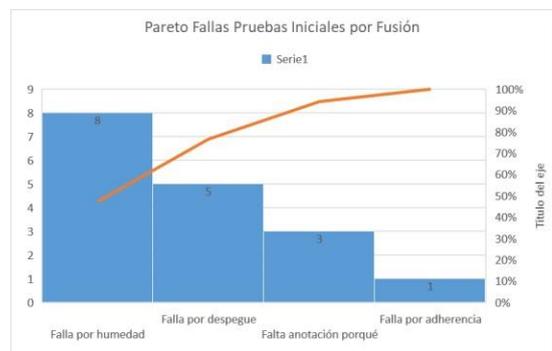
FALLAS EN LAS PRUEBAS INICIALES PARA SOLDADURA POR FUSIÓN	EMPRESA	N° PRUEBA	TIPO DE FALLA	
	EMPRESA A		14	Falta anotación porqué
			21	Falta anotación porqué
			46	Falta anotación porqué
			59	Falla por adherencia
			78	Falla por humedad
			99	Falla por humedad
			102	Falla por humedad
			144	Falla por humedad
	EMPRESA B		150	Falla por humedad
			2	Falla por humedad
			7	Falla por despegue
			75	Falla por humedad
			88	Falla por despegue
			104	Falla por humedad
			118	Falla por despegue
			141	Falla por despegue
	164	Falla por despegue		

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 49: Pareto de pruebas – pruebas iniciales de soldadura por fusión

TIPO DE OBSERVACIONES	N°
Falta anotación porqué	3
Falla por adherencia	1
Falla por humedad	8
Falla por despegue	5
TOTAL	17

TIPO DE OBSERVACIONES	N° PRUEBAS	N° Acumulado	% Total	% Total Acumulado
Falla por humedad	8	8	47.06%	47.06%
Falla por despegue	5	13	29.41%	76.47%
Falta anotación porqué	3	16	17.65%	94.12%
Falla por adherencia	1	17	5.88%	100.00%
TOTAL	17		100.00%	



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el análisis de los resultados de la ilustración 49, el 80% de las fallas en pruebas iniciales se debe al 20% de falta de control de humedad. Esto significa, que el personal que realiza las pruebas iniciales debe tomar en cuenta esta condición.

4.8.2 Fallas en Pruebas Iniciales de Soldadura por Extrusión

Los datos corresponden a las pruebas iniciales de Soldadura por Fusión comprendidos de la semana 25 a 41 del año 2021.

Se identifica las causas que ocasionan las fallas en las pruebas iniciales. Conforme los datos de la ilustración 23 y 24 se construye el siguiente diagrama de Pareto.

Ilustración 50: Fallas de pruebas iniciales Empresa A y B – pruebas iniciales por extrusión

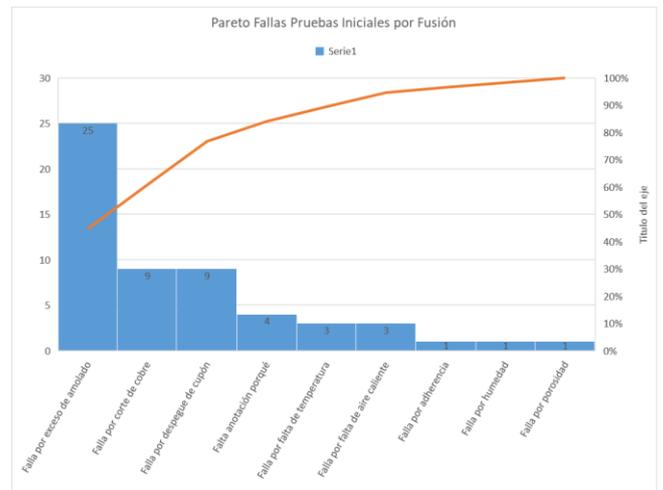
EMPRESA	N° PRUEBA	TIPO DE FALLA
27	Falta anotación porqué	
38	Falla por adherencia	
44	Falla por corte de cobre	
45	Falta anotación porqué	
46	Falta anotación porqué	
53	Falla por corte de cobre	
59	Falla por falta de temperatura	
78	Falla por exceso de amolado	
79	Falla por humedad	
82	Falla por corte de cobre	
84	Falla por exceso de amolado	
86	Falla por exceso de amolado	
87	Falla por exceso de amolado	
93	Falla por exceso de amolado	
103	Falla por exceso de amolado	
104	Falla por falta de aire caliente	
105	Falla por falta de aire caliente	
107	Falla por exceso de amolado	
115	Falla por exceso de amolado	
122	Falla por exceso de amolado	
127	Falla por exceso de amolado	
135	Falla por porosidad	
136	Falla por exceso de amolado	
137	Falla por exceso de amolado	
140	Falla por exceso de amolado	
148	Falla por falta de temperatura	
152	Falla por corte de cobre	
154	Falla por exceso de amolado	
158	Falla por exceso de amolado	
167	Falla por corte de cobre	
169	Falla por corte de cobre	
172	Falla por exceso de amolado	
185	Falla por corte de cobre	
188	Falla por corte de cobre	
210	Falla por exceso de amolado	
211	Falla por exceso de amolado	
234	Falla por falta de temperatura	
EMPRESA B	258	Falla por exceso de amolado
	38	Falla por despegue de cupón
	68	Falta anotación porqué
	70	Falla por despegue de cupón
	71	Falla por despegue de cupón
	88	Falla por despegue de cupón
	89	Falla por despegue de cupón
	90	Falla por exceso de amolado
	91	Falla por despegue de cupón
	92	Falla por despegue de cupón
	93	Falla por exceso de amolado
	96	Falla por despegue de cupón
	139	Falla por exceso de amolado
	152	Falla por corte de cobre
153	Falla por falta de aire caliente	
173	Falla por exceso de amolado	
187	Falla por exceso de amolado	
195	Falla por despegue de cupón	

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 51: Pareto de fallas – pruebas iniciales de soldadura por extrusión

TIPO DE OBSERVACIONES	N°
Falta anotación porqué	4
Falla por adherencia	1
Falla por humedad	1
Falla por exceso de amolado	25
Falla por corte de cobre	9
Falla por falta de temperatura	3
Falla por falta de aire caliente	3
Falla por porosidad	1
Falla por despegue de cupón	9
TOTAL	56

TIPO DE OBSERVACIONES	N° PRUEBAS	N° Acumulado	% Total	% Total Acumulado
Falla por exceso de amolado	25	25	44.64%	44.64%
Falla por corte de cobre	9	34	16.07%	60.71%
Falla por despegue de cupón	9	43	16.07%	76.79%
Falta anotación porqué	4	47	7.14%	83.93%
Falla por falta de temperatura	3	50	5.36%	89.29%
Falla por falta de aire caliente	3	53	5.36%	94.64%
Falla por adherencia	1	54	1.79%	96.43%
Falla por humedad	1	55	1.79%	98.21%
Falla por porosidad	1	56	1.79%	100.00%
TOTAL	56		100.00%	



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el análisis de los resultados de la ilustración 51, el 80% de las fallas en pruebas iniciales se debe al 20% por exceso de amolado, corte por cobre y despegue por cupón. Esto significa, que el personal que realiza las pruebas iniciales debe tomar en cuenta estas condiciones.

4.8.3 Pareto en aplicación de las no conformidades por incumplimiento de requisitos de calidad

Los datos corresponden a las no conformidades reportadas durante los procesos de instalación de geomembrana comprendidos de la semana 25 a 41 del año 2021.

Se identifica las causas que ocasionan el mayor número de desviaciones de incumplimiento de requisitos de calidad del proyecto conforme se puede visualizar en los datos mostrados en la ilustración 52 con lo cual se construye el siguiente diagrama de Pareto.

Ilustración 52: Reporte de observaciones al proceso (SVR) – instalación de geomembrana

OBSERVACIONES A PROCESOS CONSTRUCTIVOS	
Descripción de la observación	Frecuencia
Presencia e instalación de tubería CPT sólida y perforada en área de geotextil no liberada	1
Disposición inadecuada de paneles de geomembrana en la superficie de la plataforma de lixiviación	1
Incumplimiento en procedimiento de instalación de geomembrana	1
Presencia de agua debajo de la geomembrana instalada en la poza de subdrenaje	1
Desprendimiento material granular en talud oeste (panel 28C;panel 16c-1) debajo de la geomembrana instalada	1
GCL instalado en fondo de poza, saturado por aguas superficiales	1
Tránsito de camioneta sobre geomembrana instalada	1
Paneles de geomembrana instalados sin soldar	1
Sobre tensionamiento en el sistema de revestimiento("Geomembrana")Banqueta Tubería Solución Sur	1
Daños en zanja de anclaje Talud Sur de la poza de operaciones	1
Procedimiento inapropiado de instalación geomembrana talud-poza de Eventos Tormenta	1
Ingreso de agua de Lluvia en area del SUMP-PET - Por la falta de soldadura de fusion en los vértices	1
Daños en geomembrana capa primaria de poza de eventos tormenta (ubicación Ref. Panel 70)	1
Despliegue de geomembrana sin soldar y falta de aseguramiento SMCP.	1
Uniones sin soldar y paneles instalados sin considerar la línea máxima pendiente	1
Formación de pliegues (arrugas) en la geomembrana durante proceso de conformación de capa de protección (PL) en Pad.	1
Daños en geomembrana instalada del sistema de distribución de solución -Aforadores tipo parshall	1
Uniones de paneles sin soldar	1
Retiro de esmalte el hilo de cobre de forma manual para uso en reparaciones por extrusión.	1
Rotura de geomembrana por tránsito de vehículo.	1
Hallazgos pendientes en poza de operaciones	1
Sobre tensión en geomembrana banqueta de tuberías norte (BTN);Prog referencia de canal derivación norte 0+410 a 0+180	1
Construcción incongruente/aceptación de geomembrana del canal SMCP Tubería 6"	1
Formación de pliegues (arrugas) en la geomembrana durante proceso de conformación de capa de protección (PL) en Pad.	1
Costuras sin soldar al final de turno	1
Costuras sin soldar al final de turno	1
Total	26

OBSERVACIONES A GESTIÓN DE ENTREGABLES QC	
Descripción de la observación	Frecuencia
Incongruencia de datos en caminata de liberación de área de geomembrana instalada capa secundaria poza de subdrenaje.	1
Desviación a lo señalado en Documento 3W-QA/QC- C14 F1Y2-040(06/03/19). 3W-QA/QC-C14F1 Y 2 -041(13/03/19)	1
Falta certificado de operatividad de pistola generadora de chispas Electricas -POLIWELD	1
Incongruencia y datos incorrectos en Entregables (Documentos Protocolos)	1
Falta de información para caminata de aceptación N°4 (Croquis n°3 y n°4)	1
Total	5

OBSERVACIONES A GESTIÓN DE CAMPO QC	
Descripción de la observación	Frecuencia
Despliegue de geotextil en área de talud sur y este de poza de operaciones, sin verificación de topografía MYSRL	1
Superficie inadecuada para disposición de rollos de geotextil en almacén temporal	1
Desviación a lo señalado en documento RFI-PRY-RFI-10520-0-25-4064	1
Realización de soldadura por extrusión sin haber realizado prueba inicial	1
GCL expuesto y sin Protección	1
Incumplimientos de procedimientos durante instalación de geomembrana	1
Deficiencias soldadura fusión. Deficiencia en Manipulación De Geomembrana, Ausencia QC, Ausencia maestro soldador.	1
Destructiva fallada, sin realizar el seguimiento y cierre respectivo	1
Pruebas de aire con resultados negativos por obstrucción de canal en las costuras por fusión	1
Mala practica en soldadura de paneles-84	1
Total	10

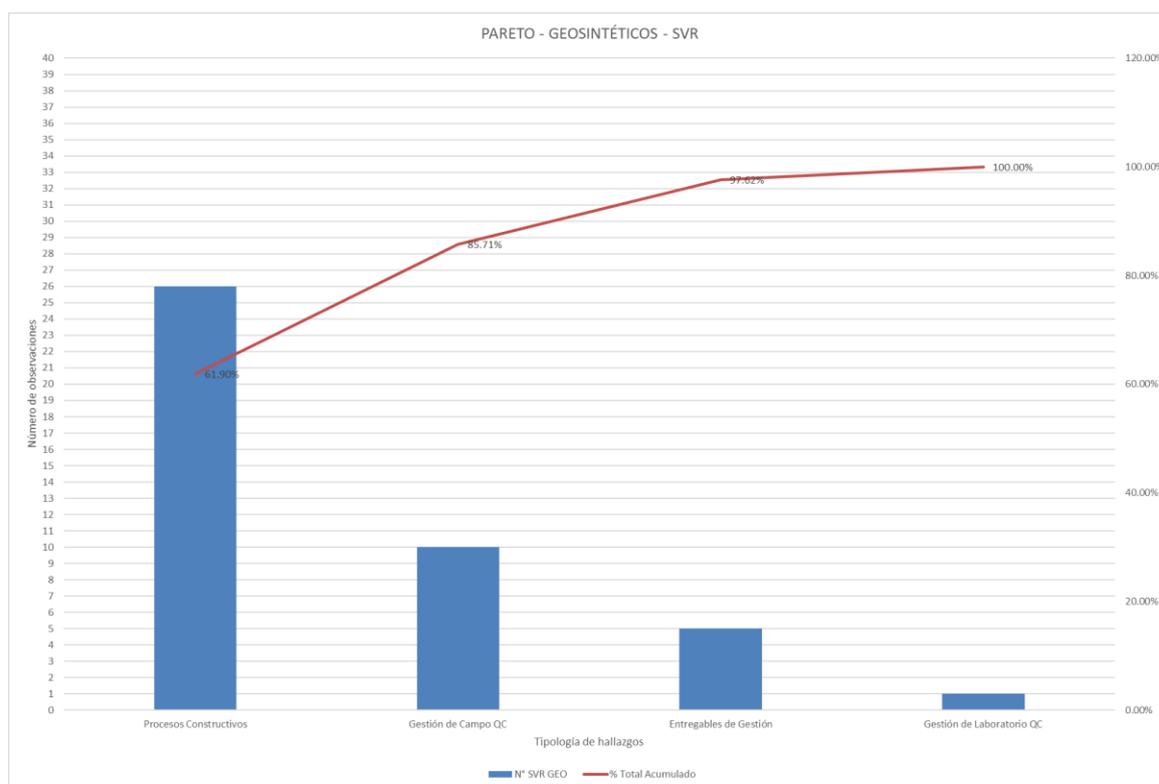
OBSERVACIONES A GESTIÓN DE LABORATORIO QC	
Descripción de la observación	Frecuencia
Exceso de fallas en ensayos destructivos-Soldadura por fusión	1
Total	1

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 53: Pareto de observaciones al proceso (SVR) – instalación de geomembrana

TIPO DE OBSERVACIONES	N°
Procesos Constructivos	26
Entregables de Gestión	5
Gestión de Campo QC	10
Gestión de Laboratorio QC	1
TOTAL	42

TIPO DE OBSERVACIONES	N° SVR GEO	N° Acumulado	% Total	% Total Acumulado
Procesos Constructivos	26	26	61.90%	61.90%
Gestión de Campo QC	10	36	23.81%	85.71%
Entregables de Gestión	5	41	11.90%	97.62%
Gestión de Laboratorio QC	1	42	2.38%	100.00%
TOTAL	42		100.00%	



Fuente: Elaboración propia

Ilustración 54: Reporte de observaciones al producto terminado (NCR) – instalación de geomembrana

OBSERVACIONES A PROCESOS CONSTRUCTIVOS	
Descripción de la observación	Frecuencia
Daños en geomembrana, geotextil y tubería CPT6, canal de tuberías sistema monitoreo colección principal	1
Daños al geotextil de canal de tuberías sistema monitoreo de colección principal	1
Daño(perforación) en la geomembrana de zanja de anclaje	1
Presencia e instalación de tubería CPT sólida y perforada en área de geotextil NO liberada- Canal de Monitoreo SMCP	1
Instalación de material geosintético(GEONET) no corresponde a especificación en poza de operaciones	1
Daños en geosintéticos por inadecuado control de escorrentías de aguas superficiales	1
Incumplimientos de detalles de diseño de soldadura en geomembrana - batería de tuberías de sistema de subdrenaje	1
Despliegue de geomembrana para la capa secundaria sobre geotextil primario sin aprobación	1
Instalación de geomembrana sin MQA para el proyecto carachugo 14 Flyz, en PET	1
Daños a la geomembrana por voladura-banqueta para tuberías de solución sur	1
Rotura de geomembrana secundaria, primaria y geonet en zanja de anclaje, talud este, Poza de Operaciones	1
Daños a Geotextil aprobado en SMCP	1
Rotura de Geotextil en capa de sistema de Subdrenaje	1
Daño (perforación) en la geomembrana de PAD	1
Corte, manipulación y Exposición inadecuada del sistema de revestimiento de la banqueta tuberías Sur	1
Daños al sistema de revestimiento(geotextil,tuberías,geomembrana,DL) del sistema SMCP-Progresiva 0 +600	1
Uniones sin soldar y paneles instalados sin considerar la línea máxima pendiente	1
Ingreso de agua de escorrentía bajo la geomembrana instalada	1
Saturación de GCL por ingreso de lluvia-Banqueta de tuberías Sur	1
Acumulación de agua debajo de geomembrana y daño al revestimiento de suelo soil liner	1
Daño rotura de geomembrana de PAD Talud sur	1
Exceso de humedad y erosión en capa PL de área de colección aprobada y acumulación considerable de escorrentía en capa de "soil liner" aprobada.	1
Paneles de geomembrana instalados y soldados sin identificación de numero de rollo y numero de lote	1
Costuras sin soldar al final de turno	1
Costuras de paneles de geomembrana, sin soldar al final de turno	1
Reiterativa condición de costuras sin soldar en paneles de geomembrana desplegados	1
Costuras de paneles de geomembrana, sin soldar al final de turno	1
Uniones largas de paneles de geomembrana sin soldar al final del turno y carencia del personal/equipo desoldadura al momento de desplegar.	1
Uniones de paneles de geomembrana sin soldar al final del turno en SMCP entre CA10-CA14.	1
Ingreso de agua de lluvia debajo de geomembrana, en zona del empalme Pad Ca14 F3 - Franja Central Ca14.	1
Incumplimiento de entregables de gestión QC CCH. Protocolos de aceptación presentados fuera de los plazos establecidos.	1
Espesor de graba de drenaje insuficiente , entramo de sub drenaje cruce proyección SMCP	1
Exceso de fallas -por despegue en la soldadura por fusión- en las muestras destructivas de control de frecuencias.	1
Capa protectora aprobada por QC CCH supera limite máximo de índice de plasticidad	1
Rotura de geomembrana aceptada durante conformación de capa de protección (PL).	1
Reiterativa condición de costuras sin soldar en paneles de geomembrana desplegados	1
	1
Total	36

OBSERVACIONES A GESTIÓN DE ENTREGABLES QC	
Descripción de la observación	Frecuencia
Incongruencia de datos -Ensayos pruebas iniciales de Extrusion-Poza de eventos Tormenta	1
Incongruencia de datos -Protocolos de calidad, croquis de entrega de área y datos de entrega en campo en-Poza de eventos Tormenta	1
Incongruencia de datos:Protocolos de Calidad y datos de campo en poza de eventos de tormenta	1
Incorrecta presentación de información y precaminata para liberación de área de revestimiento con geomembrana	1
Presentación de Información (Protocolos) de manera extemporánea	1
Presentación extemporánea de información (protocolos).	1
Duplicidad de numeración correlativa en protocolo de geosintéticos, sistema 10520-558	1
Total	7

OBSERVACIONES A GESTIÓN DE CAMPO QC	
Descripción de la observación	Frecuencia
Unión de fusión en paneles de geomembrana en leach pad, sin efectuar soldadura de prueba inicial	1
Unión de fusión en paneles de geomembrana en leach pad, sin efectuar soldadura de prueba inicial	1
Incumplimiento de las especificaciones técnicas- Costura por fusión si pruebas iniciales.	1
Exceso de fallas en ensayos destructivos de las uniones por fusión, en poza de eventos de tormenta	1
Colocación incorrecta de datos (horas registradas en los testigos de las pruebas iniciales de soldadura por fusión y extrusión).	1
Incumplimiento de especificaciones técnicas-Costura por extrusión sin pruebas iniciales.	1
Área de entrega de Geomembrana-capa secundaria poza de Eventos de Tormenta-sin previa inspección de QC-SM	1
Soldadura po Extrusión entre GMB-1 Y GMB-2 talud sur zanja de anclaje P.E.T.-Sin previa inspección QC-SM	1
Reparación por Extrusión en "Parches" al interior de Poza de eventos Tormenta- Sin Hilos de cobre	1
Área de Geomembrana aprobada por QC sin contar con caminata de inspección	1
Caminata para entrega de geomembrana con presencia de fallas	1
Instalación de geomembrana sin presencia de supervisor de geosintéticos	1
Uniones de paneles (soldadura de fusión) sin soldar C14F1F2-Zona 4	1
Colocación de material para capa de protección (PL) sobre área de geomembrana no inspeccionada ni aprobada por CQA	1
Falta de ensayo no destructivo -air test- en área de geomembrana aprobada por QC-SMCG aceptación N°29	1
Área para entrega de geomembrana sin inspección de QC - ausencia de pre caminata	1
Uniones de paneles (soldadura de fusión) realizado con el equipo de soldar (cuña) con componente hechozo	1
Protocolo de pruebas iniciales (soldadura por extrusión) aprobado por CQC con valores "Shear" por debajo del valor establecido	1
Equipos de soldadura con "componentes Hechizos" y con certificado de operatividad falso.	1
Actividades pendientes de evaluación y reparación en aliviadero PAD-PET	1
Incumplimiento de las especificaciones técnicas-ensayos no destructivos realizados antes de realizar la costura por Extrusión	1
Incumplimiento del procedimiento de control de calidad - soldadura por extrusión sin pruebas iniciales	1
Procedimiento inadecuado de utilización de cordón de soldadura de alta densidad (HDPE) en paneles de geomembrana de baja densidad (LLDPE) durante la ejecución de "parches"	1
Incumplimiento de las especificaciones Técnicas - Ausencia de maestro soldador CCQ	1
Incumplimiento de las especificaciones Técnicas - Ausencia de maestro soldador CCH	1
Mala práctica en unión por fusión y ausencia de maestro soldador en Ca14.	1
Paneles de geomembrana instalados y soldados sin identificación de numero de rollo y numero de lote	1
Sobretensionamiento y arrugas en el Sistema de revestimiento ("Geomembrana") Banqueta Tubería Solucion Sur	1
Rotura de geomembrana aceptada durante conformación de capa de protección (PL).	1
Total	29

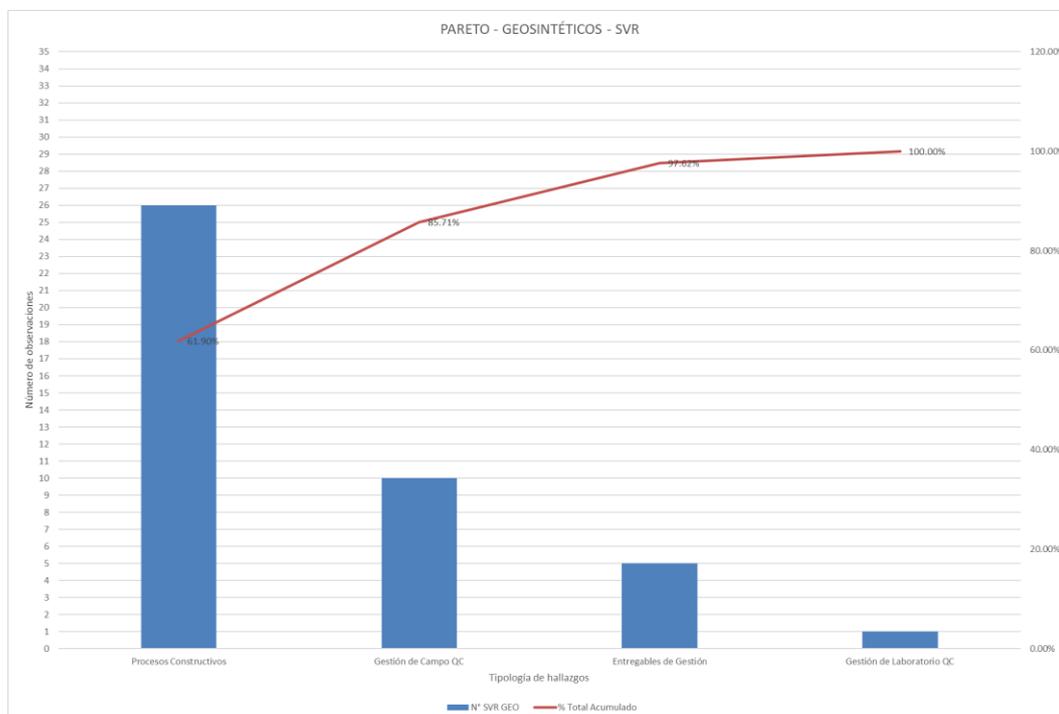
OBSERVACIONES A GESTIÓN DE LABORATORIO QC	
Descripción de la observación	Frecuencia
Fallas en los ensayos destructivos de conformidad CQA - Soldadura por fusión	1
Fallas en los ensayos destructivos de la muestra de conformidad CQA -DF 40 Soldadura por fusión	1
Exceso de fallas -por despegue en la soldadura por fusión- en las muestras destructivas de control de frecuencias.	1
Total	3

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 55: Pareto de observaciones al producto terminado (NCR) – instalación de geomembrana

TIPO DE OBSERVACIONES	N°
Procesos Constructivos	36
Entregables de Gestión	7
Gestión de Campo QC	29
Gestión de Laboratorio QC	3
TOTAL	75

TIPO DE OBSERVACIONES	N° NCR GEO	N° Acumulado	% Total	% Total Acumulado
Gestión de Campo QC	29	29	38.67%	38.67%
Procesos Constructivos	36	65	48.00%	86.67%
Entregables de Gestión	7	72	9.33%	96.00%
Gestión de Laboratorio QC	3	75	4.00%	100.00%
TOTAL	75		100.00%	



Fuente: Elaboración propia

Como se puede apreciar en el análisis de los resultados de la ilustración 51, el 80% de las fallas en pruebas iniciales se debe al 20% por exceso de amolado, corte por cobre y despegue por cupón. Esto significa, que el personal que realiza las pruebas iniciales debe tomar en cuenta estas condiciones.

Finalmente, podemos mencionar que con el diagrama de Pareto se puede determinar que, la mayor incidencia de fallas tiene que ver con fallas humanas, pues los “pocos vitales” se refiere a mano de obra y método de trabajo, esto nos indica que se debe incidir en la capacitación del personal técnico encargado de desarrollar los trabajos y desarrollar mayor difusión de los procedimientos estándares de trabajo.

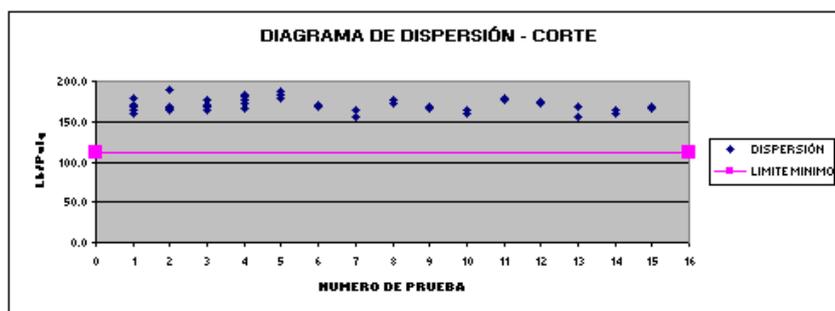
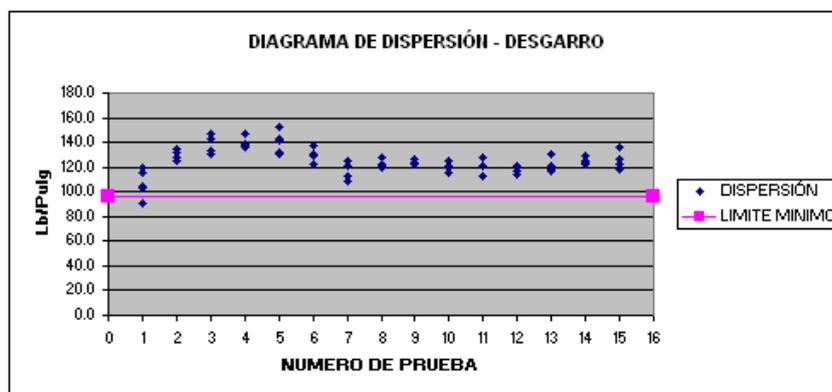
Sin embargo, no debemos de descuidar el tema de del mantenimiento de equipo pues mejorando el tema del personal, predominara las fallas ocasionada por los equipos.

4.9 Resultados respecto a la aplicación de Diagrama de Dispersión

Los datos corresponden a las pruebas iniciales de soldadura por fusión comprendidos de la semana 25 a la semana 41 del año 2021.

Ilustración 56: Diagrama de dispersión – soldadura por fusión

N° DE PRUEBA	DESGARRO (Lb/Pulg)	CORTE (Lb/Pulg)
1	115.0	171.3
1	120.0	178.2
1	91.0	159.3
1	103.0	164.0
1	105.0	167.5
2	127.7	164.5
2	131.4	169.3
2	131.8	189.3
2	134.7	165.1
2	125.2	167.2
3	146.7	168.2
3	146.7	176.0
3	133.8	163.5
3	142.7	170.0
3	130.7	165.0
4	137.7	181.1
4	136.5	176.4
4	147.2	166.4
4	139.2	183.5
4	138.7	173.2
5	141.7	178.5
5	152.6	183.2
5	131.2	187.9
5	132.2	179.1
5	143.4	184.0
6	130.1	169.2
6	129.2	170.2
6	137.1	
6	121.7	
7	109.2	155.0
7	124.5	164.9
7	112.5	
7	121.4	
8	121.9	171.6
8	127.3	177.1
8	121.0	
8	119.6	
9	122.2	166.2
9	123.2	169.4
9	123.7	
9	126.7	
10	119.3	160.0
10	115.4	164.0
10	125.3	
10	121.1	
11	128.3	179.7
11	127.2	177.7
11	121.5	
11	112.7	
12	119.3	175.6
12	121.1	171.7
12	117.3	
12	113.7	
13	117.6	156.1
13	116.6	168.5
13	120.6	
13	130.1	
14	123.2	164.8
14	125.4	159.0
14	129.7	
14	122.8	
15	122.5	168.5
15	118.6	166.8
15	126.7	
15	135.9	



Fuente: Elaboración propia

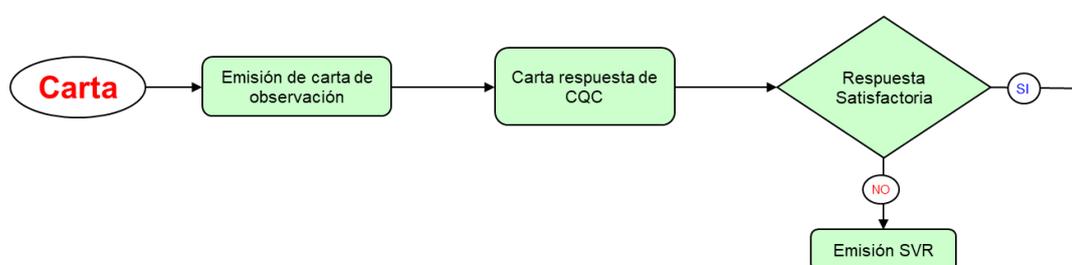
Como se puede apreciar, esta herramienta nos muestra gráficamente cual es el margen de seguridad con la que trabaja la geomembrana. Además, nos permite visualizar cuando los valores están al límite permisible

de resistencia, lo que permite identificar de manera inmediata cual es las probables causas que podrían permitir fallas

4.10 Resultados respecto a la aplicación de Diagrama de Flujo

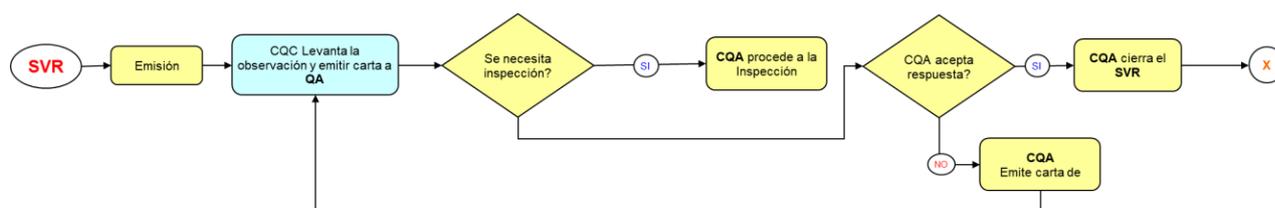
Los datos corresponden a la secuenciación de actividades en cada una de las fases de la gestión de calidad durante la instalación de geomembrana. En este sentido, se ha construido y detallado los diagramas de flujo más relevantes que ayudará a los involucrados implementar y organizar sus sistema de gestión de calidad mediante el uso de las herramientas básicas de calidad para una adecuada sistematización de la gestión de instalación de geomembrana.

Ilustración 57: Diagrama de flujo – emisión de correspondencia



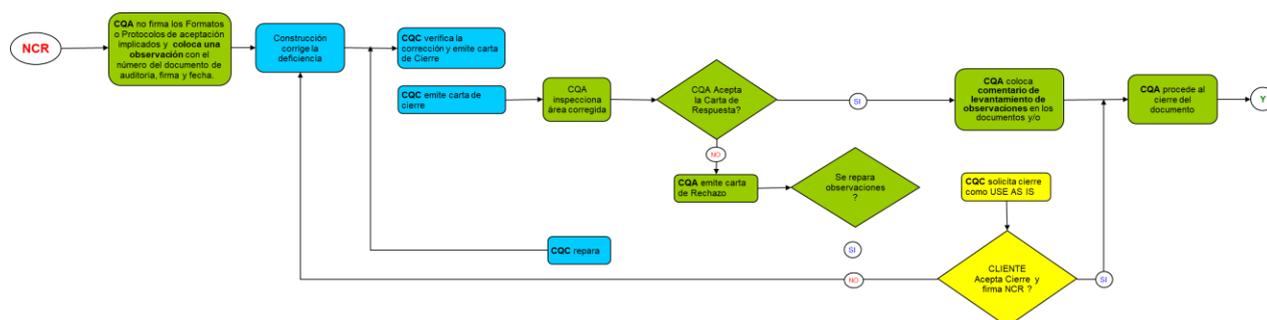
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 58: Diagrama de flujo – emisión de observaciones al proceso (SVR)



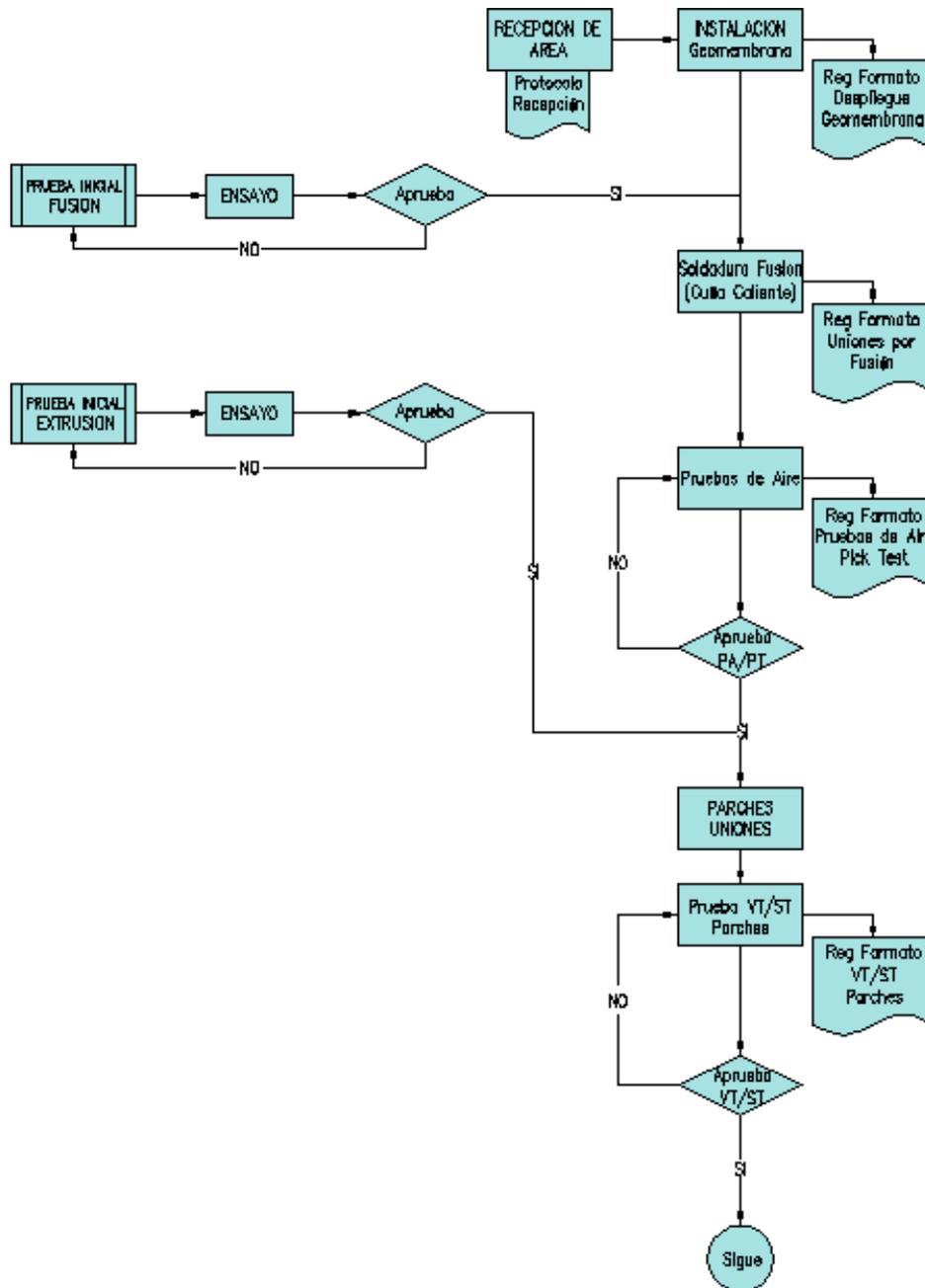
Fuente: Elaboración propia

Ilustración 59: Diagrama de flujo – emisión de observaciones al producto terminado (NCR)



Fuente: Elaboración propia

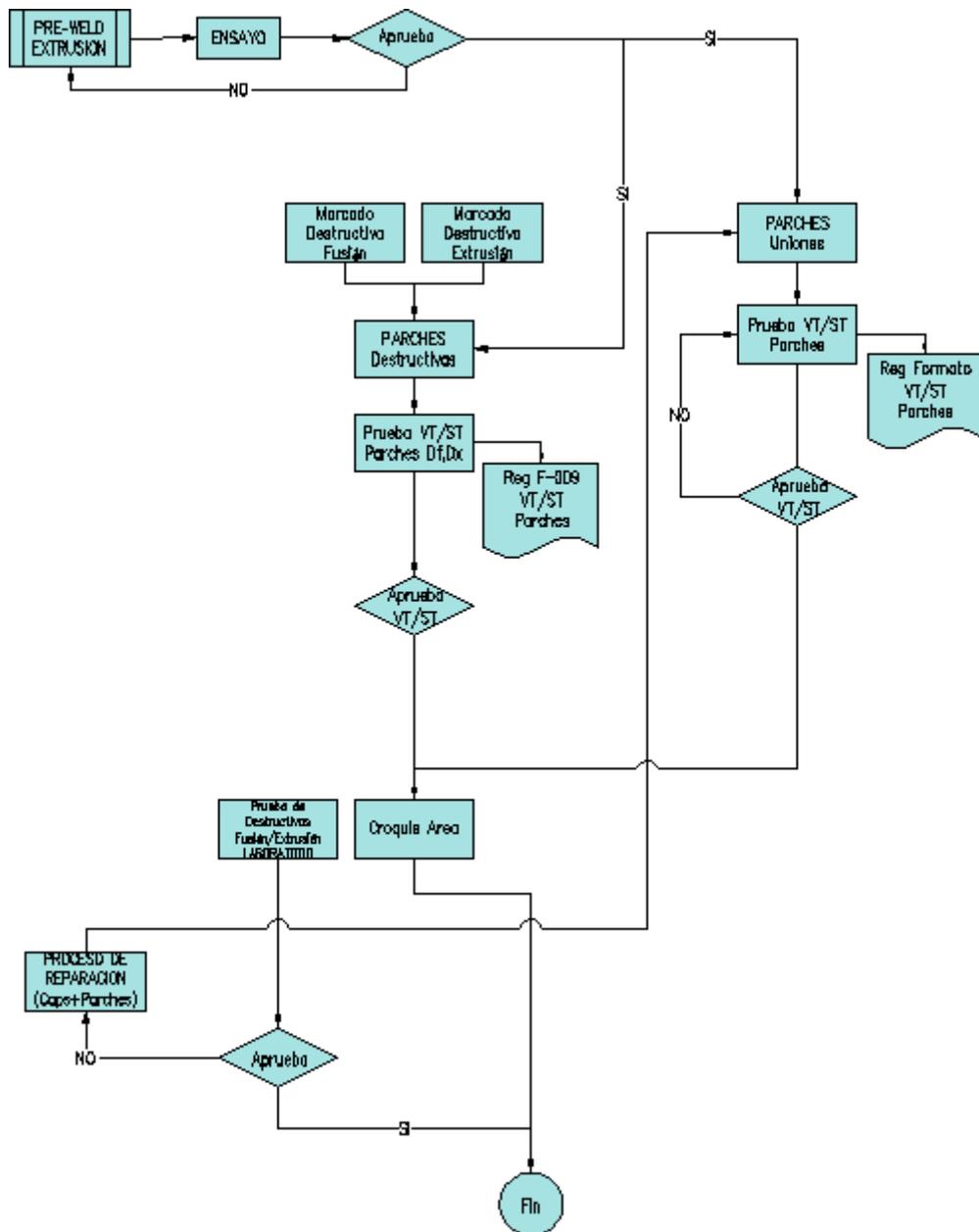
Ilustración 60: Diagrama de flujo – proceso de instalación de geomembrana



Fuente: Extraído de plan de calidad de empresa A¹³

¹³ Autorizado sin difusión de la razón social y únicamente para fines académicos.

Ilustración 61: Diagrama de flujo – proceso de ejecución de parches de geomembrana



Fuente: Extraído de plan de calidad de empresa A¹⁴

Como se puede apreciar, el diagrama de flujo es una herramienta guía que de manera fácil y didáctica nos permitirá visualizar una síntesis de los procedimientos, lo que nos ayuda para llevar a cabo un mejor control del proceso de instalación de geomembrana. Sin embargo, los diagramas de flujos son variables según la necesidad y la evolución de los procedimientos aplicados.

¹⁴ Autorizado sin difusión de la razón social y únicamente para fines académicos.

5 CONCLUSIONES

1. Se ha cumplido el objetivo principal que es identificar y evaluar las herramientas de calidad que son relevantes durante los procesos de instalación de geomembrana, analizado bajo un enfoque real y práctico con datos de campo de la instalación de geomembrana en la construcción de una plataforma de lixiviación de 14.91 hectáreas.
2. Se ha logrado identificar y determinar que, las herramientas de control de calidad más relevantes y aplicables en el proceso de instalación de geomembrana durante la construcción de plataformas de lixiviación son: listas de chequeo, diagrama de causa efecto, diagrama de Pareto, diagrama de dispersión, diagrama de flujo e histograma.
3. Mediante el uso de las listas de chequeo, permitió determinar el buen estado de los equipos empleados en el proceso de instalación de geomembrana durante la construcción de plataformas de lixiviación. Esto nos permite minimizar los costos y tiempo utilizados en trabajos mal hechos por causa de equipos defectuosos. De igual manera, las listas de chequeo permiten identificar anomalías antes de iniciar actividades e implementar las medidas correctivas con mucha anticipación.
4. Mediante el uso de los diagramas de causa-efecto se identificó las causas que ocasionan las fallas en el proceso de instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación están referidas a mano de obra, métodos de trabajo, materiales, equipos y condiciones ambientales.
5. El histograma permitió conocer que, el intervalo de tiempo en que se dio la mayor incidencia de fallas en el proceso de instalación de geomembrana en la construcción de plataformas de lixiviación fueron las semanas 25 con un 33% para pruebas iniciales de soldadura por fusión y la semana 34 con un 32% para pruebas iniciales de soldadura por extrusión.
6. El diagrama de Pareto es una herramienta muy potente en el sentido que ayuda a identificar ese 20% de deficiencias que genera el 80% de los impactos durante la instalación de geomembrana. Asimismo, facilitó identificar que los "pocos vitales" se refieren a mano de obra y método de trabajo para tomar medidas correctivas sobre los mismos.
7. El diagrama de dispersión permitió identificar que, de una muestra de ensayos sometidos a las pruebas de desgarrado y pelado para su control de calidad, cuáles pruebas pasan los valores mínimos requeridos para los diferentes tipos de soldaduras. Para nuestro caso de estudio consideramos el valor mínimo requerido de 98 lbs/Pulg.

6 RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que se dé mayor relevancia en el uso del diagrama de Pareto que, por su naturaleza, nos permite identificar claramente las causas básicas de las deficiencias en la instalación de geomembrana. Estas causas se las prioriza mediante esta herramienta para finalmente, tomar las acciones correctivas.
2. Se recomienda a los diferentes equipos técnicos de las empresas instaladoras de geosintéticos, la identificación, implementación y hacer uso de estas herramientas de control de calidad para una mejor ayuda a la gestión de calidad. Su uso es importante ya que permite identificar deficiencias durante el proceso constructivo que pueden ser corregidos oportunamente logrando los objetivos trazados.
3. Recomendamos a los egresados de nuestra facultad realizar investigaciones complementarias sobre este tema a fin de lograr mejores resultados y aplicarlos no solamente a la construcción de plataformas de lixiviación sino implementarlos en los diferentes proyectos de ingeniería.
4. Se recomienda fomentar una cultura del uso de la herramienta de calidad durante los procesos de instalación de geomembrana. De igual forma, se recomienda seguir alimentando mayor número de datos e investigación sobre el comportamiento de las herramientas básicas de gestión de calidad durante la instalación de geomembrana para así establecer las bases de una sólida gestión de calidad en la instalación de geosintéticos en los diferentes proyectos.

7 BIBLIOGRAFIA

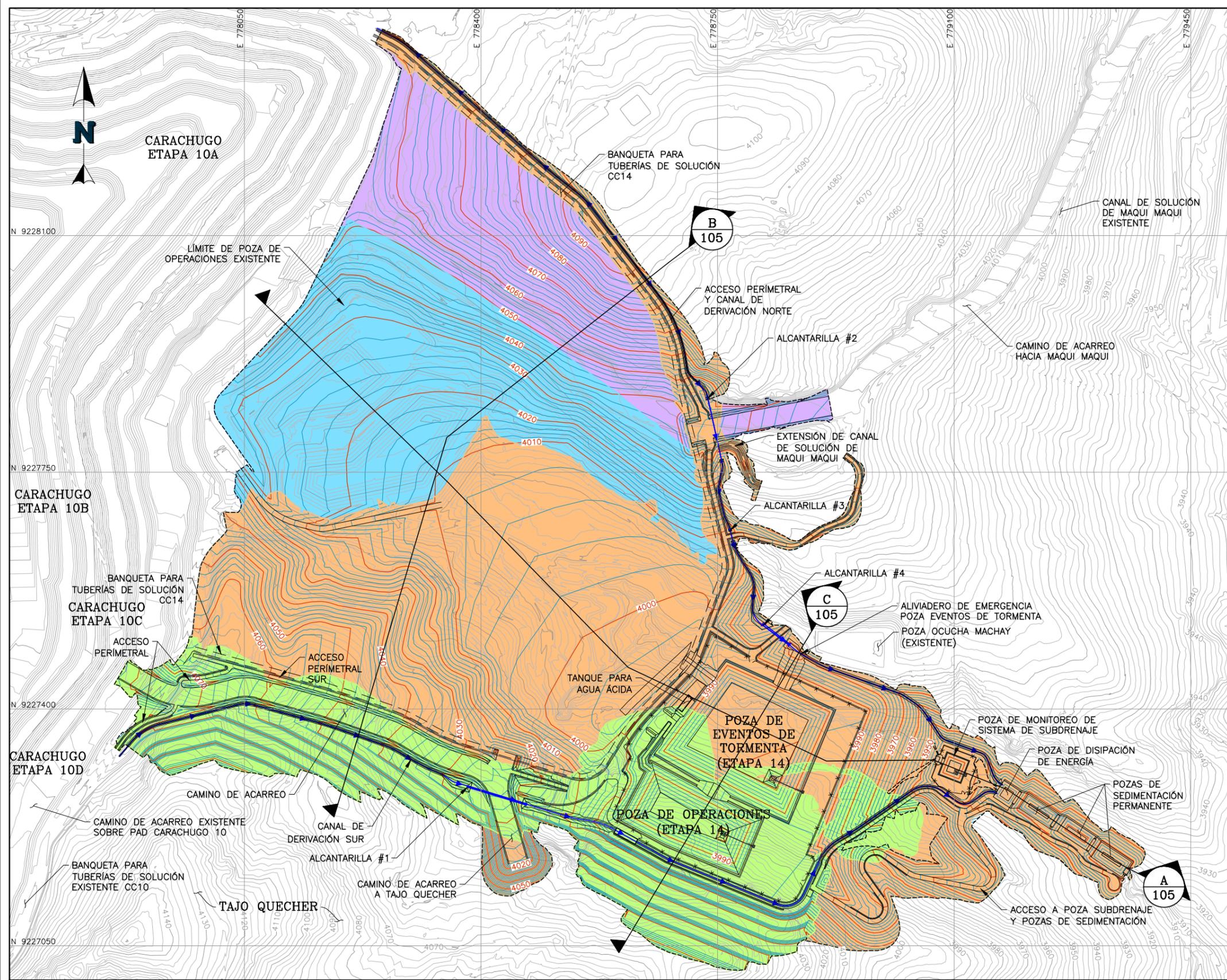
- Bunge, Mario. 2007. *Diccionario de filosofía*. 5ta. ed. Traducción de María Dolores González Rodríguez. Buenos Aires: Siglo XXI ediciones.
- Vásquez, Ana María El Ciclo De La Mejora Continua, 2002, <http://www.estrucplan.com.ar/articulos/verarticulo.asp?idarticulo=180> [Consulta: miércoles, 17 de octubre de 2007]
- Gómez Sánchez Soto, Rubén; Los Costos Relativos A La Calidad, Como Herramienta Para Mejorar La Eficiencia De Las Inversiones Publicas En La Construcción *En El Perú*, 2007, página 1-9, <http://ictnet.es/blogs/costos-relativos-a-la-calidad> [Consulta: miércoles, 17 de octubre de 2007]
- Cantú Delgado, Humberto. 2016. *Desarrollo De Una Cultura De Calidad*. 3ra. ed. México D.F.: McGraw Hill Interamericana.
- Norma Nacional Americana ANSI/ PMI 99-001-2004. 2004. *Guía de los Fundamentos de la Dirección de Proyectos*. 3ra. ed.
- Paz Collado, Sandro. 2007. *Herramientas Estadísticas De La Calidad*. Curso N 4 del programa en especialización de sistemas de gestión de la calidad ISO 9001: 2000, Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Piscoya Hermoza, Luis. 2007a. *Ranking universitario en el Perú: un estudio piloto*. Lima, Perú: \Asamblea Nacional de Rectores.
- _____. 2007b. *El proceso de la investigación científica: un caso y glosarios*. Lima, Perú: Fondo editorial de la Universidad Garcilazo de la Vega.
- Pmbook (2021) *Guía de los Fundamentos para la Dirección de Proyectos*. Guía del PMBOK. Séptima Edición. Project Management Institute.
- Quintanilla, Miguel Ángel. 2005. *Filosofía de la tecnología*. Lima, Perú: Fondo Editorial de la Universidad Garcilazo de la Vega.
- Turabian, Kate L. 2017. *A manual for writers for term papers, theses, and dissertations*. 7ma. ed. Revisada por Wayne C. Booth, Gregory G. Colomb, and Joseph M. Williams. Chicago, U.S.A.: The University of Chicago Pres.

ANEXO 01

CONTENIDO DE PLAN DE CALIDAD SEGUN ISO 10005

1. Desarrollo de un plan de calidad
 - 1.1 Identificación de la necesidad de un plan de la calidad
 - 1.2 Entradas para el plan de la calidad
 - 1.3 Alcance del plan de la calidad
 - 1.4 Preparación del plan de la calidad
 - 1.4.1 Iniciación
 - 1.4.2 Documentación del plan de la calidad
 - 1.4.3 Responsabilidades
 - 1.4.4 Coherencia y compatibilidad
 - 1.4.5 Presentación y estructura
2. Contenido del plan de la calidad
 - 2.1 Generalidades
 - 2.2 Alcance
 - 2.3 Elementos de entrada del plan de la calidad
 - 2.4 Objetivos de la calidad
 - 2.5 Responsabilidades de la dirección
 - 2.6 Control de documentos y datos
 - 2.7 Control de los registros
 - 2.8 Recursos
 - 2.8.1 Provisión de recursos
 - 2.8.2 Materiales
 - 2.8.3 Recursos Humanos
 - 2.8.4 Infraestructura y ambiente de trabajo
 - 2.9 Requisitos
 - 2.10 Comunicación con el cliente
 - 2.11 Diseño y desarrollo
 - 2.11.1 Proceso de diseño y desarrollo
 - 2.11.2 Control de cambios del diseño y desarrollo
 - 2.12 Compras
 - 2.13 Producción y presentación del servicio
 - 2.14 Identificación y trazabilidad
 - 2.15 Propiedad del cliente
 - 2.16 Preservación del producto
 - 2.17 Control del producto no conforme
 - 2.18 Seguimiento y medición
 - 2.19 Auditoría
3. Revisión, aceptación, implementación y revisión del plan de calidad
 - 3.1 Revisión y aceptación del plan de calidad
 - 3.2 Implementación del plan de la calidad
 - 3.3 Revisión del plan de la calidad
 - 3.4 Retroalimentación y mejora

ANEXO 02
PLANOS DE DISEÑO DE INSTALACIÓN DE
GEOMEMBRANA
(Uso de información con fines estrictamente académicos)



LEYENDA:

- CURVAS DE NIVEL Y ELEVACIÓN EN METROS DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
- CURVAS DE NIVEL Y ELEVACIÓN EN METROS DE LA SUPERFICIE DE DISEÑO DE CARACHUGO ETAPA 14
- ACCESO EXISTENTE
- DRENAJE EXISTENTE
- CERCO METÁLICO EXISTENTE
- LÍNEA DE FLUJO DE CANAL DE DERIVACIÓN
- CERCO PROPUUESTO
- ALCANTARILLA
- FASE 1
- FASE 2
- FASE 3
- FASE 4

NOTAS:

1. TODO TRABAJO DEBE SER EJECUTADO CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS QUE APLICAN.
NF-SP-10525-0-24-4001
2. CUALQUIER MODIFICACIÓN AL DISEÑO O CONFIGURACIÓN MOSTRADA DEBERÁ SER APROBADA POR EL INGENIERO DE DISEÑO Y MYSRL.
3. DEBERÁN PROVEERSE ABERTURAS DE 600MM EN LA BERMA DE SEGURIDAD CADA 200M COMO MÁXIMO (CAMINO DE ACARREO) O 50M (ACCESO PERIMETRAL) PARA PERMITIR EL DRENAJE SUPERFICIAL HACIA LOS CANALES DE DERIVACIÓN ADYACENTES.
4. CURVAS DE NIVEL Y ELEVACIÓN EN METROS. LA SUPERFICIE DE DISEÑO REPRESENTA LA PARTE SUPERIOR DE LA GEOMEMBRANA EN ZONAS REVESTIDAS CON GEOMEMBRANA, CAPA DE RODADURA DEL CAMINO A LO LARGO DE LAS CARRETERAS Y LOS ACCESOS PERIMÉTRICOS, Y LA PARTE SUPERIOR DE LA SUPERFICIE DE DISEÑO.
5. LOS TALUDES DE CORTE Y/O RELLENO HAN SIDO DISEÑADOS PARA PERMITIR TRABAJOS DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS. SI LOS TALUDES DE CORTE SE ENCUENTRAN EN ROCA COMPETENTE (SEGÚN SEA DETERMINADO POR EL INGENIERO) ESTOS PODRÁN CAMBIAR DE PENDIENTE. SI LAS CONDICIONES DEL SUELO SON POCOS LOS TALUDES DE CORTE DEBERÁN TENER MENOR PENDIENTE. ESTOS CAMBIOS DE OPTIMIZACIÓN DEBERÁN SER APROBADOS POR EL INGENIERO Y POR MYSRL.
6. PARA MEDIDAS ADICIONALES DE CONTROL DE EROSIÓN Y SEDIMENTOS REMITIRSE A LOS SIGUIENTES DOCUMENTOS:
 - 6.1. "MANUAL PARA EL CONTROL DE SEDIMENTOS", 30 DE MARZO DE 2015 REV 2, POR MYSRL.
 - 6.2. ESPECIFICACIONES GENERALES PARA EL DISEÑO CIVIL - MEDIO AMBIENTAL; 15 DE OCTUBRE DE 2007 REV 2, POR MYRSL

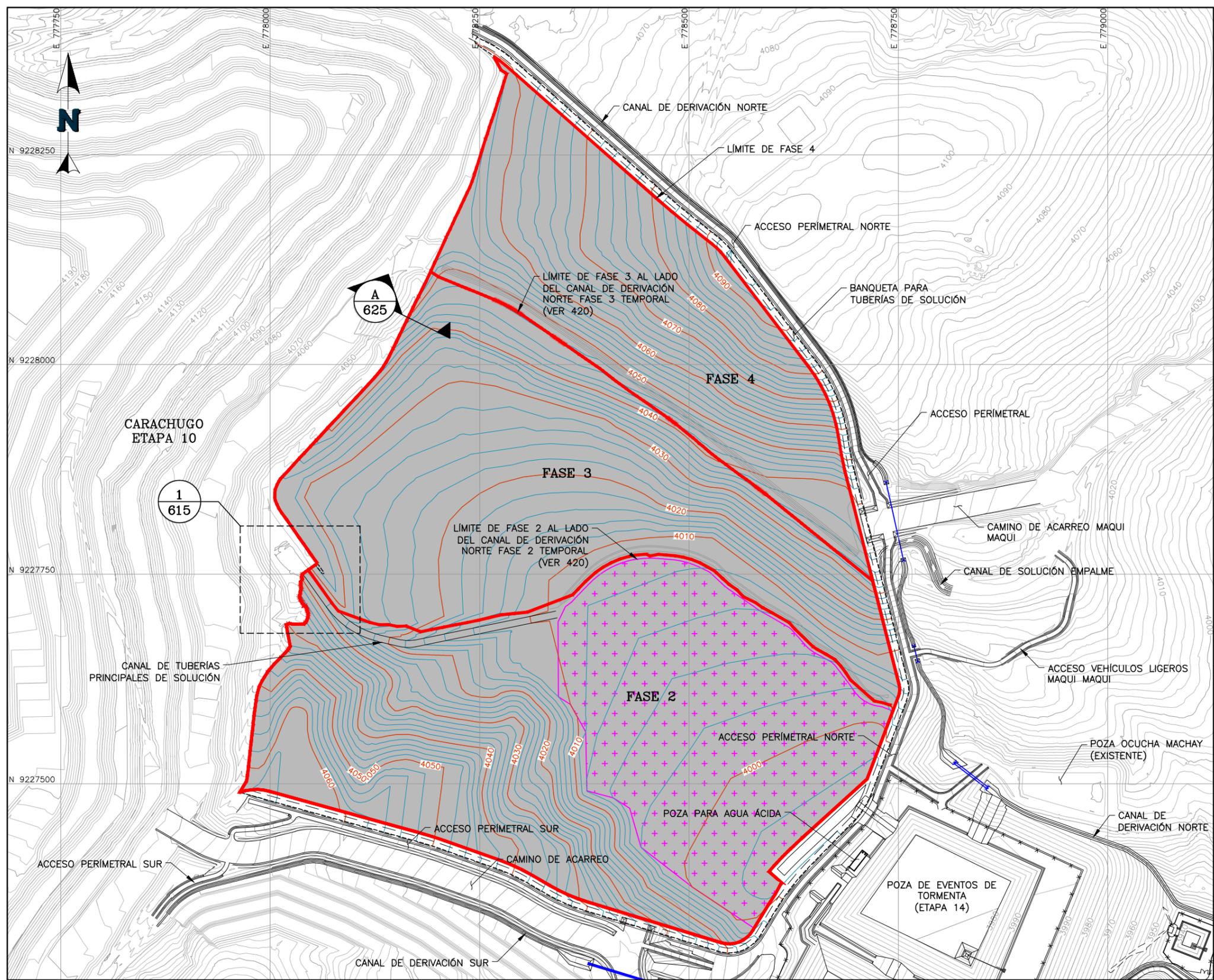
AREAS	
FASE	2D AREA
1	207,069 m ²
2	431,593 m ²
3	169,785 m ²
4	105,837 m ²

REFERENCIA:
TOPOGRAFÍA MOSTRADA SE ENCUENTRA EL SISTEMA DE COORDENADAS UTM ZONA 17; DATUM: WGS84; UNIDADES: METROS.



REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	TÉC	ING	APROBADO POR:	DESCARGO
2	10/02/17	EMITIDO PARA PERMISO DE OBRAS HIDRÁULICAS FINAL	DS	CJB	CJB	NEWFIELDS ELABORÓ LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN ESTE PLANO MEDIANTE EL USO DE EXPERIENCIA E INFORMACIÓN TÉCNICA DISPONIBLE. LA RECEPCIÓN DE ESTE PLANO NO GARANTIZA NINGÚN DERECHO SOBRE DICHA EXPERIENCIA O INFORMACIÓN TÉCNICA. CUALQUIER MODIFICACIÓN O ADAPTACIÓN DE ESTA INFORMACIÓN O PLANO SE REALIZARÁ BAJO RIESGO EXCLUSIVO DEL USUARIO Y SIN NINGUNA OBLIGACIÓN O RESPONSABILIDAD LEGAL PARA NEWFIELDS.
1	25/01/17	EMITIDO PARA PERMISO DE OBRAS HIDRÁULICAS FINAL	DS	TJK	CJB	
0	20/01/17	EMITIDO PARA CONSTRUCCIÓN DE FASE I	DS	TJK	CJB	
C	13/01/17	EMITIDO PARA PERMISO DE OBRAS HIDRÁULICAS	TJK	TJK	TJK	
B	04/12/16	EMITIDO PARA APROBACIÓN POR EL CLIENTE	TJK	TJK	TJK	
A	07/11/16	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	TJK	TJK	DS	

Se obvia esta información, por temas de confidencialidad del usuario.



LEYENDA:

- CURVAS DE NIVEL Y ELEVACIÓN EN METROS DE LA SUPERFICIE DE TERRENO EXISTENTE
- CURVAS DE NIVEL Y ELEVACIÓN EN METROS DE LA SUPERFICIE DE DISEÑO DE CARACHUGO ETAPA 14
- ALCANTARILLAS
- GEOMEMBRANA
- LÍMITE DE CAPA DE FRICCIÓN
- LÍMITE DE FASE PLATAFORMA

ÁREAS DE LA PLATAFORMA		
FASE	2D (m ²)	3D (m ²)
2	222,015	226,186
3	390,176	397,405
4	501,004	510,874

NOTAS:

1. TODO TRABAJO DEBE SER EJECUTADO CON LAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS QUE APLICAN. NF-SP-10525-0-24-4002, NF-SP-10525-0-24-4003, NF-SP-10525-0-24-4004, NF-SP-10525-0-24-4005 Y NF-SP-10525-0-24-4009.
2. LOS DATOS PARA EL REPLANTEO DEBERAN SER APROBADOS POR EL INGENIERO EN EL CAMPO ANTES DE LA CONSTRUCCION. SI LA TOPOGRAFIA EXISTENTE ES DIFERENTE A LA MOSTRADA EN LOS PLANOS, EL INGENIERO DEBERA AJUSTAR EL DISEÑO A LAS CONDICIONES EXISTENTES.
3. CUALQUIER MODIFICACIÓN AL DISEÑO O CONFIGURACIÓN MOSTRADA DEBERÁ SER APROBADA POR EL INGENIERO DE DISEÑO Y MYSRL.

REFERENCIA:
TOPOGRAFIA MOSTRADA SE ENCUENTRA EL SISTEMA DE COORDENADAS UTM ZONA 17; DATUM: WGS84; UNIDADES: METROS.



P:\Projects\0167.002_Corachugo_Stage 14_Final_Design\A-CAD\DWGS\NF-10525-0-24-4600.dwg - 2/10/2017 8:04 PM

REV	FECHA	DESCRIPCIÓN	TÉC	ING	APROBADO POR:	DESCARGO
0	10/02/17	EMITIDO PARA INFORME FINAL Y CONSTRUCCIÓN	TJK	TJK	CJB	NEWFIELDS ELABORÓ LA INFORMACIÓN PRESENTADA EN ESTE PLANO MEDIANTE EL USO DE EXPERIENCIA E INFORMACIÓN TÉCNICA DISPONIBLE. LA RECEPCIÓN DE ESTE PLANO NO GARANTIZA NINGÚN DERECHO SOBRE DICHA EXPERIENCIA O INFORMACIÓN TÉCNICA. CUALQUIER MODIFICACIÓN O ADAPTACIÓN DE ESTA INFORMACIÓN O PLANO SE REALIZARÁ BAJO RIESGO EXCLUSIVO DEL USUARIO Y SIN NINGUNA OBLIGACIÓN O RESPONSABILIDAD LEGAL PARA NEWFIELDS.
B	20/01/17	EMITIDO PARA APROBACIÓN POL EL CLIENTE	TJK	TJK	CJB	
A	04/01/17	EMITIDO PARA REVISIÓN INTERNA	TJK	TJK	TJK	
					TJK	
					TJK	

Se obvia esta información, por temas de confidencialidad del usuario.