



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

“APLICACIÓN DE LOS ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS
EN LA INSPECCIÓN DE LOS FORROS DE MOLINO SAG
CROMO MOLIBDENO PARA EL ASEGURAMIENTO DE
LA CALIDAD DE LA EMPRESA MEPSA 2020.”

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Bach. Edson Aquino Perez

Asesor:

Dr. Ing. Juan Carlos Durand Porras

Lima – Perú

2021

DEDICATORIA

A mis padres quienes me dieron la vida, mis hermanos quienes se sumaron con su apoyo en todos estos años de estudiante, a todos mis maestros que me inculcaron con sus enseñanzas. Dedicarles la presente investigación a todos ellos, es una emoción inmensa que siento en mi corazón llegar a cumplir mis sueños añorados, tengo más que un motivo, para seguir viviendo esta vida maravillosa, con esfuerzo, perseverancia, iniciativa, ganas, humildad y muchos otros valores que me enseñaron nuestros maestros en las aulas; puedo decir que ¡si se puede! “Cuanto mayor es el sacrificio más glorioso es el triunfo”.

Edson Aquino Pérez

AGRADECIMIENTO

Agradecer en primer lugar a Dios que me ha permitido culminar con éxito la universidad, en seguida agradecer a la Universidad Privada del norte y a los maestros que directa e indirectamente se sumaron para realizar la presente investigación, seguidamente agradecer a la empresa MEPSA que me ha permitido la información para realizar la presente investigación titulada “Aplicación de los ensayos no destructivos en la inspección de los forros de molino SAG cromo molibdeno para el aseguramiento de la calidad de la empresa mepsa 2020”

Edson Aquino Pérez

Tabla De Contenido

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
Tabla De Contenido	4
Lista de tablas	6
Lista de figuras	8
Lista de Anexos	12
RESUMEN	13
ABSTRACT	14
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN	15
1.1. Delimitación de la Investigación – Descripción de la Empresa	15
1.2. Realidad Problemática	16
1.2.1. Realidad Problemática Internacional	16
1.2.2. Realidad Problemática Nacional	17
1.2.3. Realidad Problemática Local	19
1.2. Formulación del Problema	22
1.2.1. Problema General	22
1.2.2. Problemas Específicos	22
1.3. Objetivos de la Investigación	23
1.3.1. Objetivo General	23
1.3.2. Objetivo Específico	23
1.4. Justificación de la Investigación	24
1.4.1. Justificación Teórica	24
1.4.2. Justificación Práctica	25
1.4.3. Justificación Cuantitativa	25
1.4.4. Justificación Normativa	25
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	27
2.1. Antecedentes de la Investigación	27
2.1.1. Antecedentes Internacionales	27
2.1.2. Antecedentes Nacionales	29
2.2. Bases Teóricas	32
2.2.1. Variable (X) Aplicación de los Ensayos no Destructivos (END)	32
2.2.2. Variable (Y) Control de Calidad	49

2.2.3. Teorías Relacionadas a las Variables de Estudio	63
2.3. Definición de Términos Básicos	67
CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA	69
3.1. Descripción de Incorporación a la Empresa MEPSA	69
3.2. Desarrollo de los Procedimientos de la Aplicación de los END	78
3.2.1. Procedimiento por el Método de Inspección Visual	79
3.2.2. Procedimiento por el Método de Partículas Magnéticas	92
3.2.3. Procedimiento por el Método de Ultrasonido	105
CAPÍTULO IV RESULTADOS	116
4.5. Resultados Descriptivos	116
4.6. Resultados del Objetivo Específico 1	120
4.7. Resultados del Objetivo Específico 2	127
4.8. Resultados del Objetivo Específico 3	134
4.9. Resultado del Objetivo General	136
CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES	143
5.1. Discusión de Resultados	143
CONCLUSIONES	144
RECOMENDACIONES	145
REFERENCIAS	146
ANEXOS	151

Lista de tablas

Tabla 1 Porcentaje de Inspección Interna de los Forros para Molino SAG	77
Tabla 2 Porcentaje de Inspección Externa de los Forros para Molino SAG	77
Tabla 3 Información General de los Forros de Molino SAG	78
Tabla 4 Bloques Patrón Para Calibración.....	110
Tabla 5 Estado inicial Año 2019 Porcentajes de Inspección Interna	116
Tabla 6 Estado Final Año 2020 Porcentajes de Inspección Interna	117
Tabla 7 Porcentaje de Inspección Externa de cada Método de END	119
Tabla 8 Resultado por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo1 (100203001)....	120
Tabla 9 Resultado por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 2 (100203101)...	122
Tabla 10 Resultado por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 3 (100203201).	123
Tabla 11 Resultado por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 4 (100203301 ..	125
Tabla 12 Estado Final Año 2020 Porcentaje del Resultado por el Método de Inspección Visual.....	126
Tabla 13 Resultado por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 1 (100203001)	127
Tabla 14 Resultado por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 2 (100203101)	128
Tabla 15 Resultado por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 3 (100203201)	130
Tabla 16 Resultado por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 4 (100203301)	131
Tabla 17 Criterios de Aceptación de Inspección de Superficie Indicación Tamaño, pulg. [mm]	132
Tabla 18 Resultado del Estado Final 2020 por el Método de Partículas Magnéticas.....	133

Tabla 19 Comparativo del Estado Inicial 2019 y del Estado Final 2020 del Método de Ultrasonido	134
Tabla 20 Resultado del Estado Final 2020 de la Inspección Interna por el Método de Ultrasonido	135
Tabla 21 Resultados del Estado Inicial 2019 de la Inspección Interna de los Forros SAG	136
Tabla 22 Resultados del Estado Final 2020 de la Inspección Interna del Forro Tipo 1	136
Tabla 23 Resultados del Estado Final 2020 de la Inspección Interna del Forro Tipo 2	137
Tabla 24 Resultados del Estado Final 2020 de la Inspección Interna del Forro Tipo 3	137
Tabla 25 Resultados del Estado Final 2020 de la Inspección Interna del Forro Tipo 4	138
Tabla 26 Resultados del Estado Final 2020 de la Inspección Interna de los Forros SAG....	139
Tabla 27 Comparativo de los Resultados del Estado Inicial 2019 y Estado Final 2020 ...	139
Tabla 28 Resultado del Estado Inicial Año 2019 de la Inspección Externa de los Forros SAG	140
Tabla 29 Resultado del Estado Final 2020 de la Inspección Externa de los Forros SAG.	141
Tabla 30 Comparativo de los Resultados del Estado Inicial 2019 y Final 2020 de la Inspección Externa	141

Lista de figuras

Figura 1. Diagrama de Ishikawa.....	21
Figura 2. Tipos de discontinuidades	33
Figura 3. Esquema de la secuencia de una inspección visual.....	38
Figura 4. Aplicación del método de partículas magnéticas	41
Figura 5. Equipo de ultrasonido sonatest D-50	45
Figura 6. Pantalla con barrido A-scan	46
Figura 7. Bloque de calibración para medición de espesores por haz recto.	47
Figura 8. Trilogía de Juran	53
Figura 9. Representación de un histograma de frecuencia	56
Figura 10. Representación de un diagrama causa – efecto.....	57
Figura 11. Representación de un diagrama de Pareto	58
Figura 12. Hojas de control	59
Figura 13. Representación de un diagrama de dispersión	60
Figura 14. Simbología para realizar diagrama de flujo	61
Figura 15. Gráfica de control.....	62
Figura 16. Molino SAG.....	63
Figura 17. Comparación entre inspección por variables con inspección por atributos	66
Figura 18. Clientes más representativos de la empresa MEPSA.....	71
Figura 19. Proceso de Fabricación de los Forros de Molino SAG	73
Figura 20. Vista panorámica de la zona de ensamble forro para molino SAG	80
Figura 21. Delimitación de las indicaciones detectadas	83
Figura 22. Inclusión no metálica (B5)	83
Figura 23. Scrata de comparación (B5) según norma ASTM A-802.	83
Figura 24. Inclusión no metálica (B5) nivel IV zona de ensamble	85

Figura 25. Porosidad (C4) nivel IV zona de ensamble.....	85
Figura 26. Inclusión no metálica (B4) nivel III zona de ensamble.....	85
Figura 27. Porosidad (C3) nivel III zona de ensamble	85
Figura 28. Inclusión no metálica (B4) Nivel III zona de ensamble.....	86
Figura 29. Porosidad (C3) nivel III zona de ensamble	86
Figura 30. Inclusión no metálica (B4) nivel III zona de ensamble.....	86
Figura 31. Inclusión no metálica (B4) nivel III zona de ensamble.....	87
Figura 32. Porosidad (C3) nivel III zona de ensamble	87
Figura 33. Inclusión no metálica (B4) nivel III zona de ensamble.....	87
Figura 34. Porosidad (C3) nivel III zona de ensamble	87
Figura 35. Inclusión no metálica (B5) nivel IV zona de ensamble	88
Figura 36. Porosidad (C4) nivel IV zona de ensamble.....	88
Figura 37. Inclusión no metálica (B5) nivel IV zona de ensamble	88
Figura 38. Porosidad (C4) nivel IV zona de ensamble.....	88
Figura 39. Inclusión no metálica (B4) nivel III zona de ensamble.....	89
Figura 40. Porosidad (C3) nivel III zona de ensamble	89
Figura 41. Textura superficial (rotura de molde) (A3) nivel III zona de ensamble.....	89
Figura 42. Inclusión no metálica (B5) nivel IV zona de ensamble	90
Figura 43. Porosidad (C4) nivel IV zona de ensamble.....	90
Figura 44. Inclusión no metálica (B5) nivel IV zona de ensamble	90
Figura 45. Porosidad (C4) nivel IV zona de ensamble.....	90
Figura 46. Inclusión no metálica (B4) nivel III zona de ensamble.....	91
Figura 47. Yugo Electromagnético.....	92
Figura 48. Indicación relevante fisura en agujero longitud 40mm.....	93
Figura 49. Patrón de calibración según la Norma ASTM E-709.....	94

Figura 50. Calibración ensayo de la fuerza de izado del yugo magnético.....	95
Figura 51. Limpieza de la zona de trabajo del forro de molino SAG.....	96
Figura 52. Posición de magnetizar el yugo magnético	97
Figura 53. Zona magnetizada la cara de ensamble	97
Figura 54. Vista de la zona de trabajo realizando el método de las partículas magnéticas.	98
Figura 55. Indicación relevante fisura en zona de trabajo del forro	99
Figura 56. Indicación relevante fisura en agujero del forro.....	99
Figura 57. Forro N°1 Indicación relevante nivel V fisura 40 mm de longitud.....	101
Figura 58. Forro N°2 Indicación relevante Nivel III fisura 6 mm de longitud.....	101
Figura 59. Forro N°4 Indicación relevante nivel V fisura 40 mm de longitud.....	102
Figura 60. Forro N°1 Indicación relevante nivel III fisura 5 mm de longitud.....	102
Figura 61. Forro N°2 Indicación relevante nivel III fisura 6 mm de longitud.....	102
Figura 62. Forro N°1 Indicación Relevante Nivel V Fisura en Agujero 30 mm de Longitud	103
Figura 63. Forro N°2 Indicación Relevante Nivel V Fisura 20 mm de Longitud	103
Figura 64. Forro N° 5 Indicación relevante nivel IV fisura 8 mm de longitud	103
Figura 65. Forro N°2 Indicación relevante nivel V fisura 145 mm de longitud.....	104
Figura 66. La Curva DAC en el Equipo Sonatest.....	106
Figura 67. Equipo sonatest modelo D-50	107
Figura 68. Bloques patrón con agujero fondo plano	109
Figura 69. Barrido del forro con el equipo sonatest	112
Figura 70. Inspección mediante el método de ultrasonido	114
Figura 71. Resultado de la inspección en el equipo sonatest.....	115
Figura 72. Cronograma de capacitaciones de los END	116
Figura 73. Capacitación del personal del área de calidad en END.....	117

Figura 74. Cronograma de Inspección Interna	118
Figura 75. Cronograma de Inspección Externa	119

Lista de Anexos

Anexo 1. Matriz de consistencia- coherencia.....	151
Anexo 2. Certificado nivel II ensayo de ultrasonido (UT)	152
Anexo 3. Certificado nivel II ensayo de partículas magnéticas (MT).....	153
Anexo 4. Certificado nivel II inspección visual (VT)	154
Anexo 5. Certificado nivel II ensayo de líquidos penetrantes (PT).....	155
Anexo 6. Organigrama general de la empresa MEPSA	156
Anexo 7. Organigrama del Área de Calidad.....	157
Anexo 8. Mapa de procesos de la empresa MEPSA	158
Anexo 9. Formato de reporte de no conformidad.....	159
Anexo 10. Comparadores scrata ASTM A 802 evaluación de la calidad de la superficie	160
Anexo 11. Criterios de aceptación de inspección visual nivel de calidad.....	161
Anexo 12. Nivel de aceptación para los forros para molino SAG	162
Anexo 13. Formato de reporte de inspección visual	163
Anexo 14. Formato de reporte de partículas magnéticas.....	164
Anexo 15. Aceptación o rechazo de ultrasonido tabla 2 de la norma ASTM A 609.....	165
Anexo 16. Formato de reporte de inspección por ultrasonido.....	166
Anexo 17. Consolidado de los reportes de no conformidad del método visual	167
Anexo 18. Consolidado de los reportes de no conformidad del método visual	168
Anexo 19. Normas ASTM E 709 / ASTM A 903	169
Anexo 20. Consolidado de los reportes de no conformidad por el método de partículas magnéticas	170

RESUMEN

El objetivo general de la investigación es determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA. El personal de calidad por ser relativamente nuevos y no tener las capacitaciones en temas relacionados con los ensayos no destructivos, en el estado inicial del año 2019 los resultados de la inspección fueron, 0% rechazados y 0% reprocesados. Se logró determinar el estado final 2020 después de la aplicación del END por el método de la inspección visual de un total de 224 forros el falso positivo “incremento” de 2.23% de rechazo y 3.57% de reproceso de los forros para molino SAG, con respecto al año 2019. Este “incremento” es debido a que el personal de calidad ya estaba capacitado. Se logró determinar el estado final 2020 después de la aplicación del END por el método de las partículas magnéticas de un total de 224 forros el falso positivo “incremento” de 2.23% de rechazo y 1.79% de reproceso de los forros para molino SAG, con respecto al año 2019. Mediante el método de ultrasonido se incrementó en un 20% la inspección con respecto al estado inicial 2019 donde el resultado era 0% de observaciones. El estado final año 2020 no se detectó ninguna observación en las inspecciones que fue al 40% de los forros que equivale a 90 unidades de una producción total de 224 unidades. Se concluye que el 40% de los forros para molino SAG no presentan defectos internos. Mediante la aplicación de los ensayos no destructivos en la inspección externa el año 2019 los resultados de rechazo era 2.67% igual 6 unidades y el reproceso era 4.02% igual a 9 unidades. A diferencia del resultado del año 2020 de 224 forros el rechazo y el reproceso fue 0%. Quiere decir que no hubo ninguna observación por parte del cliente, cual inspección fue aprobado.

Palabra clave: Aplicación de los ensayos no destructivos, método de inspección visual, método de partículas magnéticas, método de ultrasonido, control de calidad.

ABSTRACT

The general objective of the research is to determine the results of the application of non-destructive tests in the quality control of the linings for SAG mills, in the company MEPSA. The quality personnel for being relatively new and not having training in issues related to non-destructive testing, in the initial state of 2019 the results of the inspection were 0% rejected and 0% reprocessed. It was possible to determine the final state 2020 after the application of the END by the method of visual inspection of a total of 224 linings, the false positive "increase" of 2.23% of rejection and 3.57% of rework of the linings for SAG mills, with compared to 2019. This "increase" is due to the fact that the quality staff was already trained. It was possible to determine the final state 2020 after the application of the END by the method of the magnetic particles of a total of 224 linings, the false positive "increase" of 2.23% of rejection and 1.79% of rework of the linings for SAG mill, with compared to 2019. Through the ultrasound method, the inspection was increased by 20% with respect to the initial state 2019 where the result was 0% of observations. In the final state of 2020, no observation was detected in the inspections, which was 40% of the linings, which is equivalent to 90 units of a total production of 224 units. It is concluded that 40% of the linings for SAG mills do not present internal defects. Through the application of non-destructive tests in the external inspection in 2019 the rejection results were 2.67% equal to 6 units and the reprocessing was 4.02% equal to 9 units. Unlike the result of the year 2020 of 224 linings, the rejection and rework was 0%. It means that there was no observation by the customer, which inspection was approved.

Keyword: Non-destructive testing application, visual inspection method, magnetic particle method, ultrasound method, quality control.

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1. Delimitación de la Investigación – Descripción de la Empresa

Metalúrgica Peruana S.A. (MEPSA) es una empresa constituida en 1960. Inició sus operaciones el 1 de julio de 1964 desde ahí se convierte en la primera fundición de hierro de gran magnitud en el Perú y hoy con más de 50 años de experiencia, se ha posicionado en el mercado como líder en el rubro metalúrgico, exportando acero para múltiples industrias y fabricantes de equipos originales por sus siglas en inglés (OEM) en todo el mundo. MEPSA es la fundición más grande del Perú, líder regional en ingeniería de desgaste para la producción de piezas de acero de gran tonelaje. Con 50 años de experiencia dan el mayor nivel de competitividad en la producción y exportación de piezas de desgaste y piezas estructurales para la minería, agricultura, la industria cementera, azucarera entre otros. MEPSA recicla el acero y lo transforma en tecnología y rendimiento para sus clientes. (MEPSA).

La planta de producción con capacidad instalada actual de bolas laminadas 12,000 TM por año y piezas fundidas 14,000 TM por año y la oficina se encuentran en Jr. Placido Jiménez nro. 1051 Z.I. Ancieta Baja Lima, Lima, Lima, así mismo cuenta con oficinas en Chile. Actualmente MEPSA cuenta con dos líneas de producción totalmente operativas: líneas de bolas laminadas y líneas de piezas. (MEPSA).

MEPSA ofrece soluciones técnicas y de ingeniería de desgaste para el sector metalúrgico, minero e industrial a nivel mundial, produciendo y comercializando piezas de gran tonelaje y precisión, adecuando procesos y materiales a las necesidades de cada cliente. (MEPSA).

1.2. Realidad Problemática

1.2.1. Realidad Problemática Internacional

A nivel internacional, de acuerdo a MPSI (2002) citado en Sarabia, (2017) mencionan: según el DOT (Department of Transportation) en castellano Departamento de Transporte y la OPS (Office of Pipeline Safety) Oficina de Seguridad de Oleoductos, los accidentes reportados en los Estados Unidos de Norte América son debido a fallas en ductos de transmisión y recolección de gas natural y líquidos peligrosos. Estas fallas que representa el 30% se debe a mala manipulación por parte de los terceros, dejando daños mecánicos (abolladuras) y el 30% debido al servicio y al medio corrosivo tanto externa como internamente, es por eso que se realiza constantemente inspecciones cada 6 meses utilizando la aplicación de los ensayos no destructivos (END), aplicando de la misma manera normas como el ASME (American Society of Mechanical Engineers), Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos y API (American Petroleum Institute), Instituto Americano de Petróleo. (p. 12).

También los derrames de petróleo es un problema recurrente en América Latinan las causas son múltiples. Pueden originarse ya sea por falta de mantenimiento preventivo, falta de control de calidad, fallas en el servicio debido a la corrosión de los ductos, etc. Si el caso fuera por falta de calidad entonces es debido a que no tienen un control estricto en los END, por falta de personal calificado, mala gestión de calidad, diversificación de los procesos, etc. Pasó en la amazonía ecuatoriana un derrame de al menos 15.000 barriles de crudo que afectó a 120.000 personas el 7 de abril del 2020 en plena crisis sanitaria mundial por el coronavirus. Este suceso recuerda años atrás al desastre causado por Texaco cuando la empresa vertió 16,8 millones de galones de petróleo en ríos y lagunas de la amazonia ecuatoriana contaminando 480 000 hectáreas de las inmediaciones del Lago Agrio. (Alonso J. , 2020).

1.2.2. Realidad Problemática Nacional

A *nivel Nacional*, la aplicación de los END abarca las industrias tales como: Hidrocarburos, minería, energía, pesca, cementera, alimentos y manufactura. Cuyo objetivo es evitar fallas para proteger a personas, medioambiente y activos. Cabe resaltar que en todas las industrias existen prácticamente los mismos problemas de calidad, es evidente que los END aseguran el funcionamiento eficaz y seguro de cualquier tipo de equipo, herramienta y/o repuesto de maquinarias y sus activos mediante la detección de defectos antes de que provoquen daños graves y asegura la conformidad bajo el cumplimiento de las normas, códigos, especificaciones y estándares.

Según, Alonso, (2020), menciona: “la actividad petrolera tiene más de 50 años en la cuenca Amazónica, y en datos oficiales se hablan de más de 200 derrames en infraestructuras de transporte”. Los derrames son debido a la pésima calidad de las infraestructuras de transporte, porque no implementan un control estricto en las fabricaciones y no aseguran la calidad de los mismos, un plan de contingencia para evitar derrames es la aplicación de los END para detectar defectos en los procesos de inspección y de esa manera tener un producto de calidad que cumpla las normas internacionales de ensayos como es la Sociedad Americana de los Ensayos no Destructivos por sus siglas en inglés (ASTM). (párr. 4)

De acuerdo a Torres Sánchez, (2016) citado en Cerna & Pompa, (2018). En nuestro país diversas industrias de distintos rubros como la petrolera, vinieron enfrentando una serie de problemas sociales, ambientales y económicos, debido a las reiteradas fugas de petróleo crudo en el oleoducto que cruza nuestra selva peruana. La principal causa de estos derrames ha sido por el incumplimiento de medidas preventivas como el mantenimiento y reemplazo del ducto. Debido a los constantes problemas ya mencionados que viene sucediendo en nuestro país. Ahora

en la actualidad vienen apostando por la aplicación de los END, el cual evitó fallas en los ductos en operación.

Es así que a nivel nacional la aplicación de los END tiene gran demanda es muy requerida por muchas empresas industriales que desean controlar sus procesos y han mejorado su control de inspección mediante END y así poder garantizar el funcionamiento de los equipos, herramientas, repuestos de máquinas, etc. Y evitar posibles fallas en la operatividad de las mismas.

1.2.3. Realidad Problemática Local

A nivel local, en la empresa MEPSA, se realiza como parte del proceso productivo el control de calidad a los forros para molino SAG cromo molibdeno y como parte del control según cronograma se hacen las inspecciones internas e externas mediante la aplicación de los ensayos no destructivos, estos ensayos se vienen dando según especificaciones MEPSA a gran porcentaje de la producción, según hoja de ruta del forro de molino SAG cromo molibdeno. En dicha hoja se detalla toda la información extraída de la ficha técnica para llevar a cabo el proceso de control de calidad. Los ensayos se realizan para el caso del método de Inspección Visual es 100%, método de partículas magnéticas 100% y método de ultrasonido 40% de la producción y posteriormente se programó fecha para la inspección externa que para el caso los porcentajes son inspección visual 100%, partículas magnéticas 40% y ultrasonido 40%.

La problemática de la empresa MEPSA, es que, al momento de realizar las inspecciones externas por parte del cliente se detectó defectos que sobrepasan el nivel de calidad tales como: fisuras, inclusiones no metálicas y porosidades. Dichos defectos no son aceptables según los estándares de calidad emitidas por el cliente y por tal motivo los forros para molino SAG quedan en observación sin ser liberados. Esto conlleva a realizar los reprocesos de los forros al área de acabados para minimizar los defectos, el cual tiene que estar dentro de los estándares de calidad. Una inspección externa es cuando el cliente realiza sus inspecciones en las instalaciones de la empresa MEPSA según sus protocolos.

EL Proceso para la fabricación de los forros de molino SAG es intermitente por ende los problemas de calidad son recurrentes. Las causas de los defectos detectados son múltiples, tales como: mano de obra, proceso, herramientas/equipos, materiales y medio ambiente. Para el estudio presente de investigación se detectó que tiene más relevancia la mano de obra, el

personal del área de calidad ósea el “inspector” debido que es quien realiza la liberación de la inspección en el proceso productivo para posteriormente coordinar la inspección externa con el cliente. Para este caso el personal a realizar los ensayos debe ser certificado y calificado según el procedimiento de la Sociedad Americana de Ensayos no Destructivos (ASNT)- Práctica recomendada, N° SNT-TC-1A. Calificación y Certificación del Personal en Ensayos No Destructivos.

Posterior al reproceso de las observaciones encontradas por el cliente se programa nuevamente una inspección externa una vez aprobada por el cliente se firma el acta de liberación el cual da la conformidad a la fabricación de los forros de molino SAG para posteriormente ser embalado y despachado. El desarrollo del proceso de inspección, se programa en fechas en coordinación con la gerencia comercial debidamente gestionadas para un buen trabajo en equipo por parte de los inspectores de la empresa MEPSA. Las pruebas a desarrollar en campo son partículas magnéticas (MT), inspección visual (VT), ultrasonido (UT), como controles de calidad final. Las consecuencias de no liberar las piezas son perjudiciales para la empresa ya que depende de la liberación, la facturación del producto de no ser así afecta al interés de la empresa.

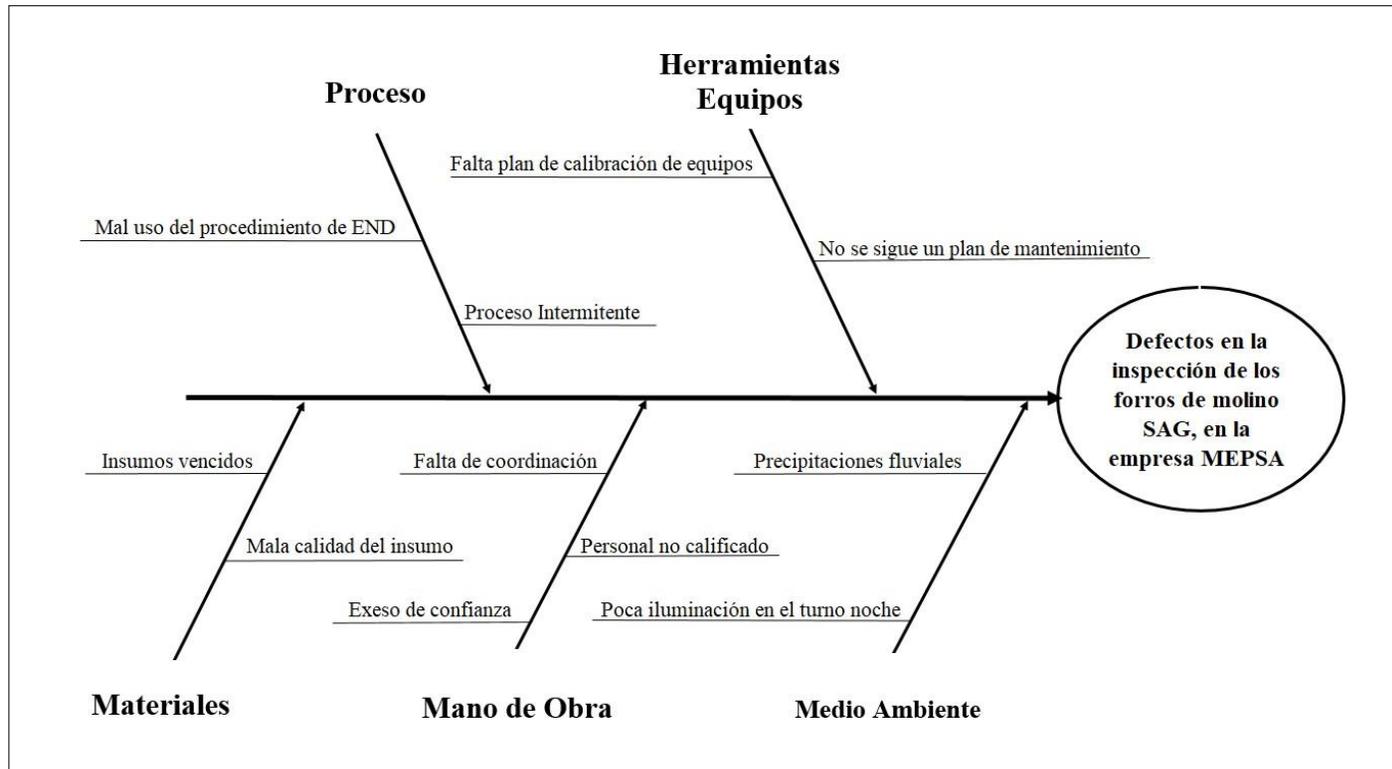


Figura 1. Diagrama de Ishikawa

Fuente: Elaboración propia.

Según, la **figura 1**, se observa el diagrama de Ishikawa en el cual la causa más relevante según análisis de porqué se detectan los defectos en la inspección externa es debido al personal no calificado y por ende se realiza capacitaciones al personal en temas relacionados a la aplicación de los ensayos no destructivos.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuáles son los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA?

1.2.2. Problemas Específicos

Problema específico 01

¿Cuáles son los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección visual, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA?

Problema específico 02

¿Cuáles son los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección de partículas magnéticas, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA?

Problema específico 03

¿Cuáles son los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección por ultrasonido, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA?

1.3. Objetivos de la Investigación

1.3.1. Objetivo General

Determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA.

1.3.2. Objetivo Específico

Objetivo específico 1

Determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección visual, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA.

Objetivo específico 2

Determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección de partículas magnéticas, en el control de calidad de los forros de molino SAG en la empresa MEPSA.

Objetivo específico 3

Determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección por ultrasonido, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA.

1.4 Justificación de la Investigación

1.4.1. Justificación Teórica

La presente investigación es importante, porque utiliza la teoría de los ensayos no destructivos tales como: el método de inspección visual, partículas magnéticas y ultrasonido, contribuyendo significativamente a mejorar la calidad de los forros para molino SAG en la empresa MEPSA. La Aplicación de los END nos permitió detectar defectos al momento del proceso de inspección de los forros, además se cumplió las exigencias de nuestro cliente en términos de calidad.

Utiliza como base fundamental para la investigación la teoría de la calidad, bajo la filosofía de Philip Crosby quien puntualiza que: “la calidad es entregar a los clientes y a los compañeros de trabajo, productos y servicios sin defectos y hacerlo a tiempo”, es ahí donde radica la importancia de esta investigación debido que mediante los END se controló en la inspección de los forros para molino SAG la detección de los defectos que podrían causar fallas. En consecuencia, se entregó al cliente piezas sin defecto y cumpliendo a tiempo el pedido, el cual es base de la filosofía de Philip Crosby.

Además, es importante porque nos permite utilizar la teoría del sistema de inspección, proceso de inspección, tipos de inspección, tales como inspección por muestreo, inspección por atributos e inspección por variables. Dónde nos permiten verificar todas las unidades de un lote de producción para aceptar o rechazar los forros para molino SAG según las especificaciones estipuladas por la empresa MEPSA asimismo del cliente.

1.4.2. Justificación Práctica

La presente investigación es importante porque contribuye a mejorar la calidad de los forros de molino SAG, a través del control en el proceso de inspección, aplicando los ensayos no destructivos por el método de inspección visual, partículas magnéticas y ultrasonido, el cual permite detectar discontinuidades superficiales e internas en el proceso de inspección, eliminando de esa manera los defectos que podrían ocasionar fallas en los procesos de operatividad de los forros de molino SAG en servicio.

Se justifica la investigación en la práctica porque presenta aspectos favorables para su fortalecimiento y aspectos desfavorables para su corrección y sirve como base para otras investigaciones relacionados con la misma.

1.4.3. Justificación Cuantitativa

La presente investigación es importante porque nos permite cuantificar la cantidad de forros de molino SAG rechazados y reprocesados. Para el caso de las pruebas por el método de inspección visual el resultado de la inspección de todos los tipos de forros fue 2.23% rechazados y 3.57% reprocesados de una producción total de 224 forros, por el método de partículas magnéticas el resultado fue el 2.23% rechazados y 1.79% de reprocesados de la misma producción y por el método de ensayo de ultrasonido no se detectó ninguna indicación relevante.

1.4.4. Justificación Normativa

La presente investigación es importante porque nos permite utilizar los procedimientos de las normas internacionales de los ensayos no destructivos. En el caso del personal para la calificación la Sociedad Americana de Ensayos no Destructivos con sus siglas en inglés (ASNT) y su práctica recomendada SNT-TC-1A (Calificación y certificación del personal en ensayos no

destruictivos). También nos permitió utilizar las normas de la Sociedad Americana de Ensayos de Materiales con sus siglas en inglés (ASTM) tales como:

1. ASTM A 609: Práctica Estándar de Ultrasonido para Piezas de Acero al Carbono, Baja Aleación y Aceros Inoxidables Martensíticos.
2. ASTM A 802: Práctica Estándar para Piezas de Acero, Estándar de Aceptación Superficial y Examinación Visual. SCRATA.
3. ASTM A 903 Especificación Estándar para fundiciones de acero, Estándares de aceptación de Superficies, Inspección de Partículas Magnéticas y Líquidos Penetrantes.
4. ASTM E 709: Guía Estándar para Examen de Partículas Magnéticas.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

Izurieta, (2017), presentó en la Universidad Politécnica Salesiana – Ecuador, para la obtención del Título de Ingeniería Industrial; la tesis titulada “*Evaluación de defectos y discontinuidades de la soldadura por medio de la aplicación de ensayos no destructivos, en la fabricación de tuberías de 3000 mm de diámetro*”; el objetivo general de la investigación fue detectar las posibles discontinuidades a encontrarse en un cordón de soldadura en la fabricación de tuberías, por método de ultrasonido, la investigación realizada es tipo explicativa con un diseño no experimental, se utilizó el método inductivo contando con registros fotográficos de cada uno de los procesos y en sus conclusiones manifestó: a) La aplicación de los ensayos no destructivos para detección de discontinuidades en los cordones de soldadura de las secciones se realizó aplicando las técnicas de inspección superficial e inspección volumétrica, teniendo como resultado que la mayor cantidad de discontinuidades fueron detectadas durante la aplicación de la técnica de inspección superficial por el método de inspección visual. b) En lo referente a la comparación de efectividad de la aplicación de ensayos no destructivos en comparación con el método de ultrasonido se aplicaron los ensayos de inspección visual, inspección por aplicación de líquidos penetrantes y radiografía industrial. c) Para las comparaciones realizadas entre el método de ultrasonido Phased Array versus los métodos de inspección visual e inspección aplicando líquidos penetrantes, se puede concluir en base a lo observado que la inspección por ultrasonido resulta más efectiva en la detección de discontinuidades internas de los cordones de soldadura pero al querer detectar discontinuidades más superficiales este método falla debido a que las discontinuidades presentes en una capa baja de la superficie son imperceptibles.

Romero & Proboste. (2013), presentaron en la Universidad del Bio-Bio – Chile para obtener el título profesional de Ingeniería Mecánica; la tesis titulada “*Aplicación del ultrasonido al control de calidad de procesos de soldadura*” el objetivo general de la investigación fue estudio del ultrasonido en el control de calidad de procesos de soldadura, investigación realizada es tipo descriptiva con un diseño no experimental en sus conclusiones manifestó: a) En relación al ensayo experimental se infiere que la técnica de los 6 decibeles no es útil para medir la longitud de una porosidad distribuida en el cordón de soldadura ya que se pierde la señal del eco, también es importante enfatizar que existe un mínimo margen de error al obtener la longitud de las probetas mediante esta técnica, debido al factor humano, específicamente a la nula experiencia para realizar dicho análisis. En términos genéricos la inspección, procedimiento y posterior clasificación de las placas soldadas a tope respondió a la norma AWS D1.1, caracterizando los defectos en base a los criterios de aceptación de ésta.

Balmori, Acuña, & Basterra, (2016), presentaron en la Universidad de Valladolid – España en la investigación científica titulada “*Estudio de la influencia de la dirección de la fibra en la velocidad de propagación de ultrasonidos (fakopp) en madera estructural de “pinus sylvestris l.” y “pinus radiata d. don.”*” El objetivo principal de esta investigación es el perfeccionamiento del ensayo no destructivo de la velocidad de ondas ultrasónicas sobre madera aserrada de coníferas de gran escuadría y uso estructural (MEG). Y en sus conclusiones manifestó: Que el comportamiento frente a la propagación de las ondas ultrasónicas es semejante en las dos especies de conífera: *Pinus sylvestris L.* y *Pinus radiata D. Don.*, y pueden representarse como un único grupo de estudio. Al menos bajo el modelo generado con el espectro limitado de muestras (6 vigas pino silvestre y 6 vigas pino radiata) ensayado y el número de medidas (384 medidas totales y 1920 lecturas de ensayo registradas) realizadas.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

Cavero, Ordinola & Portocarrero, (2019) , presentaron en la Universidad Nacional de Piura – Perú para obtener el título profesional de Ingeniería Industrial; la tesis titulada “*Control de calidad para el montaje de un tanque clarificador fcc-z-203*”, el objetivo general de la investigación fue realizar el control de calidad para el montaje de un tanque clarificador FCC – Z – 203 en el Proyecto de modernización de la refinería talara, la investigación realizada es de tipo cualitativo no experimental, el objeto de estudio es el control de calidad de un tanque clarificador FCC-Z-203, mediante los ensayos no destructivos y en sus conclusiones manifestó:

a) Relacionado al control de calidad se realizaron diversos ensayos no destructivos mencionados y detallados en la presente investigación, los resultados de cada uno de los ensayos realizados a la soldadura durante la fabricación del tanque clarificador fueron sometidos a su interpretación de acuerdo a los criterios de aceptación establecidos según la norma API 650 y el manual del fabricante. b) Se elaboraron los diversos procedimientos para la inspección de la calidad en los trabajos de montaje del tanque clarificador, dichos documentos permitieron establecer y reafirmar parámetros de acuerdo a lo que indica la norma API 650 y el manual del fabricante, los procedimientos fueron impartidos a los inspectores de calidad que estuvieron a cargo de la inspección en el montaje del tanque clarificador. c) Se realizó el respectivo control de calidad del montaje de un tanque clarificador FCC-Z-203 en el Proyecto de modernización de la refinería Talara, lo cual permitió realizar el montaje en el tiempo estimado y acordado con el cliente, cumpliendo con lo establecido por la norma API 650 y considerando las indicaciones del fabricante. b) Para finalizar cabe recalcar que el equipo de ultrasonido EPOCH 1000i debe ser considerado como un instrumento confiable para efectuar un control de calidad de procesos de soldadura, además de la importancia que adquiere para desarrollar futuros estudios, análisis, conocimientos y forjar cuadros, que nutridos con la teoría y formados en la práctica, adquieran

las competencias necesarias para realizar óptimas inspecciones conformes a los estándares, ya que la inspección siempre estará supeditada mayoritariamente al inspector, y por ende su habilidad para inspeccionar, evaluar y clasificar las discontinuidades.

Ticona, (2016) , presentó en la Universidad Nacional de San Agustín Arequipa – Perú para obtener el título profesional de Ingeniero de Materiales; la tesis titulada *“Aplicación de ensayos no destructivos y control de calidad en la fabricación de tanques de almacenamiento atmosférico empleando acero ASTM-A36 según norma API-650-2016”*; el objetivo general de la investigación fue detectar fallas y defectos en las uniones de soldadura, que están presentes en cada etapa de fabricación, siendo detectadas mediante ensayos no destructivos superficiales, volumétricos y de hermeticidad, la investigación realizada es de tipo correlacional con un diseño no experimental, para realizar la investigación se ha utilizado el tanque de almacenamiento atmosférico y en sus conclusiones manifestó: a) La realización de los ensayos no destructivos, asegurar la aceptabilidad del producto terminado donde se verificó que las uniones soldadas han sido realizadas de forma correcta y adecuada reduciendo la posibilidad de presencia de fisuras o grietas. b) La elaboración y aplicación de procedimientos de fabricación previos al inicio de cualquier etapa de fabricación, asegurar un adecuado seguimiento en las inspecciones de control de calidad. c) Existen varios ensayos no destructivos que pueden ser aplicados en la fabricación de tanques, la selección de ellos dependerá de las especificaciones técnicas del proyecto y los requerimientos del cliente.

Ttito, (2017), presentó en la Universidad Nacional de San Agustín Arequipa- Perú para obtener el título profesional de Ingeniero Metalurgista; la tesis titulada *“Evaluación de las principales discontinuidades presentadas en las uniones soldadas de una línea de tubería para la conducción de petróleo y la aplicación de los ensayos no destructivos en el proyecto “puerto bravo”*, el objetivo general de la investigación fue demostrar que la aplicación correcta de los ensayos no destructivos (END) en las líneas de tuberías de acero para la conducción de diésel B5 es la mejor opción para detectar defectos y prevenir fugas, la investigación relacionada es de tipo descriptivo con un diseño experimental, dentro de sus conclusiones se manifestó: a) Los ensayos no destructivos tienen la finalidad de localizar defectos, primero se detectan las imperfecciones, se miden y se compara con la norma establecida, de allí se concluye si es un defecto. b) Para las tuberías, el pase de raíz es de suma importancia ya que una falla allí generaría mayor tiempo de reparación una vez culminado el cordón de soldadura, de ahí que el primer ensayo no destructivo es el de tintes penetrantes, el cual se realiza al 100% de las juntas. c) Se ha generado un plan de aseguramiento de calidad para la instalación de tuberías de acero para el transporte de diésel B5, cuyo cumplimiento conduce a un trabajo exitoso.

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Variable (X) Aplicación de los Ensayos no Destructivos (END)

2.2.1.1. Definición de Ensayos no Destructivos (END)

Según, Calderón & Scarpati, (2018) en su investigación científica menciona que: Según la Sociedad Americana de Ensayos no Destructivos por sus siglas en inglés (ASNT). Lo define de la siguiente manera: “Se denomina ensayo no destructivo a cualquier tipo de prueba practicada a un material que no altere de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales”. (p. 60).

2.2.1.2. Características de los Materiales de los Ensayos no Destructivos

Según Quiroz, (2015), sostuvo que: Para cualquier persona el conocimiento de los ensayos no destructivos es muy importante ya que permite conocer los materiales y sus propiedades. El objetivo de la aplicación de los END y del diseño debe ser el control estricto de los materiales y productos, para satisfacer el servicio sin que presente alguna falla prematura o algún daño. Tenemos las siguientes fuentes de fallas que podrían ser: 1) Una discontinuidad. 2) Un material químicamente fuera de especificación. 3) Un material tratado de tal forma que sus propiedades no son las adecuadas. La detección de discontinuidades es considerada normalmente, como el propósito más importante para las pruebas no destructivas. (p. 32).

2.2.1.2.1. Defecto - Discontinuidad

Según, Echevarría, (2002), cada vez que realizamos los ensayos no destructivos siempre llegaremos hablar de “defectos” y “discontinuidades”. En una inspección cualquier indicación es llamada “discontinuidad”, hasta identificar y evaluar su gravedad el cual pueda afectar sobre una pieza en servicio. Si, de acuerdo a un arreglo la discontinuidad es inaceptable a un criterio de especificaciones entonces es llamado “defecto”, y si no afecta al rendimiento que realiza la pieza entonces es llamado simplemente “discontinuidad, de ahí se deduce que todo defecto es una discontinuidad, pero no siempre una discontinuidad es un defecto. (p. 5).

2.2.1.2.2. Tipos de Discontinuidades

Según, Echevarría, (2002), una discontinuidad puede producirse en cualquier momento de la vida útil de la pieza. Si la misma es producida durante la producción inicial, en el estado de fusión se denomina discontinuidad inherente. Si se produce durante los siguientes procesos de fabricación entonces es llamado discontinuidad de proceso. También se producen discontinuidades durante el uso de la pieza, por motivos ambientales o de carga en tal caso se denomina discontinuidades de servicio. (p. 5)

Tipos de Discontinuidades					
Inherentes		De proceso			De servicio
		Primarios		Secundarios	
Lingote	Fundición	Forjados	Laminados	Maquinado. Amolado. Tratamientos térmicos. Soldadura.	Tensiones Fatiga. Corrosión
Inclusiones no metálicas. Inclusiones gaseosas (Porosidad, sopladuras). Contracciones. Segregaciones.	Solapado en frío. Salpicaduras Desgarro en caliente. Segregaciones. Rechupes. Porosidad. Inclusiones.	Pliegues. Laminaciones. Estallido. Fisuras	Cordones. Laminaciones. Costuras.	Desgarramientos. Fisuras.	Fisuras.

Figura 2. Tipos de discontinuidades

Nota. Elaboración propia Fuente: Echevarría, (2002)

Según, la **figura 2**, se detalla los tipos de discontinuidades, ya sea inherente, de proceso o de servicio. En la fabricación de los forros para molino SAG las discontinuidades más representativas son inherentes a la fundición, tales como: Inclusiones, porosidades, rechupes, salpicaduras, desgarros, entre otros. (p. 5).

2.2.1.2.3. Indicación

Según, Echevarría, (2002), una indicación, es la respuesta que se obtiene al aplicar algún método de ensayo no destructivo. No todas las indicaciones son causadas por las discontinuidades, existen tres tipos generales de indicaciones las cuales:

- 1. Indicación Falsa:** Son aquellas indicaciones causadas por rugosidad, tensiones e interferencias superficiales.
- 2. Indicación Relevante:** Son aquellas indicaciones procedentes de defectos suficientemente graves como para afectar la vida útil de la pieza en servicio.
- 3. Indicación no Relevante:** Son aquellas indicaciones provenientes de discontinuidades que son tolerables o que cumplen alguna especificación el cual no afecta el desempeño de la pieza en servicio. (pp. 5-6).

2.2.1.3. Calificación y Niveles del Personal

Según, Quiroz, (2015), es la realización de los documentos de entrenamiento, experiencia y exámenes (prácticos, teóricos y físicos), realizados mediante un programa escrito (procedimiento interno de la entidad, de acuerdo con SNT-TC-1A). Dicho documento menciona que la entidad debe establecer un procedimiento escrito y de la misma manera práctica escrita, para certificar al personal de END. El procedimiento escrito, así como la práctica debe describir las responsabilidades de cada nivel de certificación, quien debe determinar el rechazo o la aceptación de objetos o componentes según los códigos, normas, estándares y especificaciones y procedimientos aplicables. Asimismo, está en la obligación de describir los requisitos de entrenamiento, experiencia y exámenes para cada método y nivel de certificación. (p. 36).

2.2.1.3.1. Niveles de calificación

1. Nivel I

Según, (Quiroz J. , 2015) afirma: “El personal Nivel I debe recibir la instrucción o supervisión necesaria de un individuo certificado como nivel III o su designado”. (p. 37).

2. Nivel II

Según, (Quiroz J. , 2015)” Está familiarizado con los alcances y limitaciones del método y puede tener la responsabilidad asignada del entrenamiento en el lugar de trabajo de los niveles I. Es capaz de preparar instrucciones escritas, organizar y reportar los resultados de prueba”. (p. 37).

3. Nivel III

Según, Quiroz, (2015), la persona nivel III, debe tener la experiencia y la capacidad de conocimiento prácticos y tecnológicos debidamente acreditados por los métodos de END, es quien califica y certifica al nivel I y II, mediante procedimientos y prácticas bien establecidos, realizando la interpretación de códigos normas y especificaciones. El nivel III en END de la empresa es quien debe revisar y aprobar la práctica escrita, donde se debe archivar y guardar la información. Hay tres niveles básicos de calificación, el cual podrían ser subdivididas por la empresa o país para los momentos en las que son necesarios niveles adicionales. (p. 37).

2.2.1.4. Ensayo por el Método de Inspección Visual

A continuación, se define el ensayo por el método visual.

2.2.1.4.1. Definición del Método de inspección Visual

Según, Asociación española de Ensayos No Destructivos - Delojo, (2011), lo define de la siguiente manera: “La inspección visual es el método no destructivo de ensayo más importante.”, no solo es importante como método de ensayo al amplio campo de las aplicaciones si no es esencial por ser meta ensayo; es por ser indispensable para la adquisición de otros ensayos es como algo previo o preliminar a cualquier otro. (pp. 30-33).

2.2.1.4.2. Objetivo del Método de Inspección Visual

El objetivo de la inspección visual es detectar antes, durante o después del proceso de fabricación de algún elemento la discontinuidad abierta a la superficie. Mediante la observación directa o con la ayuda de algún instrumento de alcance como es: lupa, espejos, linterna, fibroscopios videoscopios, etc.

2.2.1.4.3. Utilidades del Método de Inspección visual

Según, Asociación española de Ensayos No Destructivos – Delojo, (2011), aparte de la gran cantidad de aplicación de la inspección visual, también abarca tres utilidades generales:

1. En metrología

Implica realizar dimensiones en una realización de inspección visual. Aunque debe marcarse con una regla la discontinuidad para decidir si se acepta o se rechaza el objeto a inspeccionar.

2. En Caracterización

La precisión en la inspección visual no se le puede pedir a la hora de identificar un problema ya que la variabilidad del proceso es diversa. En general la caracterización visual se determina al identificar solo por su aspecto visual, por ejemplo, las maderas solo se les identifica por el aspecto visual, así mismo la madurez de las frutas o como también el color de los vinos se caracteriza por su aspecto de transparencia que dan indicios a su origen y calidad.

3. En Defectología

La inspección visual está desarrollada para realizar las detecciones de las discontinuidades superficiales de los objetos que existen en la masa volumétrica de materiales. Tales discontinuidades cuando son relevantes son llamados defectos.

2.2.1.4.4. Interpretación del método de Inspección visual

Según, Asociación española de Ensayos No Destructivos – Delojo, (2011), afirma que: “A diferencia de lo que pasa con otros END, aquí las indicaciones de las discontinuidades son tales como se ven”. En inspección visual, una grieta por ejemplo se ve directamente como una grieta. No se ve como una “indicación” que debe interpretarse que sea una grieta. Otra cosa es que el observador visual sepa cuál es el aspecto de una grieta. Es como si alguien que no ha visto nunca un elefante le ponen uno delante. sin duda lo ve tal como es, pero no sabe de qué es, porque ignora qué cosa es un elefante. (p. 36).

2.2.1.4.5. Evaluación y Criterios de Aceptación

Según, Asociación española de Ensayos No Destructivos – Delojo, (2011), una vez interpretado lo que se detecta, es preciso compararlo con la función del objeto que se examina, el cual te va definir alguna forma de cuantificación, si lo que se observa es idéntico a una discontinuidad que presenta alguna irregularidad, se debe dimensionar y localizar su ubicación en la pieza, para luego posteriormente determinar su rechazo o aceptación. Generalmente las especificaciones se redactan conforme a un determinado sistema normativo en su aplicación concreta al caso de que se trate. (pp. 37-38).

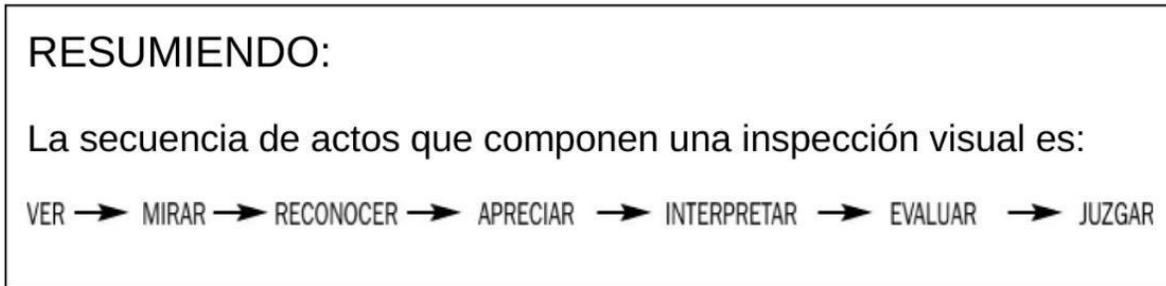


Figura 3. Esquema de la secuencia de una inspección visual

Fuente: Asociación española de Ensayos No Destructivos – Delojo, (2011)

En la **figura 3**, se observa los pasos a seguir para realizar la inspección visual de una manera resumida.

2.2.1.4.6. Clasificación del Método de Inspección Visual

Se clasifican en dos tipos.

1. Método de Inspección Visual Directa

La inspección se realiza a una determinada distancia del elemento a inspeccionar, utilizando la capacidad máxima de la visión del inspector. Para el desarrollo se usan microscopios, lámparas, linternas o lentes de aumento, asimismo para las mediciones con frecuencia se usan los calibres, pie de rey, galgas, micrómetros, reglas etc. Para el dimensionamiento de los defectos.

2. Método de Inspección Visual Remota

La inspección visual remota es usada en aquellas ocasiones donde el objeto a inspeccionar no se tiene acceso, o en los componentes que por su forma y diseño no son accesibles a las cavidades internas. Es indispensable para la inspección visual remota de equipos o instrumentos tales como: endoscopio y fibroscopios que tienen el objetivo de llegar a las cavidades internas que para el ojo humano del inspector son inaccesibles.

2.2.1.4.7. Instrumentos de la Inspección Visual

Entre los más usados y requeridos por los inspectores tenemos: Galgas, espejos, lupas Linternas, endoscopios y boroscopios.

2.2.1.4.8. Ventajas y Desventajas del Método de Inspección Visual

Ventajas

1. Es un método de bajo costo
2. Se puede aplicar en cualquier etapa de un proceso productivo
3. Se realiza en forma rápida y sencilla solo comparando scratas.
4. La geometría de los forros no presenta problema, al momento de la inspección.

Desventajas

1. Se puede inspeccionar solamente discontinuidades superficiales. considerar el limitante de la visión humana.
2. Se requiere mucha iluminación.
3. Es necesario el acceso a la superficie a inspeccionar.
4. Se requiere que el personal esté capacitado y calificado para realizar el proceso de inspección.

2.2.1.5. Ensayo por el Método de Partículas Magnéticas

A continuación, se define el concepto del método de partículas magnéticas.

2.2.1.5.1. Definición del Método de Partículas Magnéticas

Según, (Huamán, 2014), afirma lo siguiente: El método de partículas magnéticas consiste en la magnetización del objeto a inspeccionar mediante un equipo magnético, para interpretarlas de algún resultado que pueda detectarse. Este tipo de ensayo posiblemente es uno de los más simples y fácil de aplicar a piezas terminadas y en proceso.

2.2.1.5.2. Procedimiento del Método de Ensayo con Partículas Magnéticas

Las operaciones básicas a realizar secuencialmente son los siguientes pasos:

1. Preparación de la superficie de la pieza a ensayar.

Según, Serrano, (2007), antes de iniciar con el ensayo se debe percatar de que las superficies deben estar limpias libre de grasa, cascarilla, polvo metálico, pintura, óxido, u otro elemento que puede alterar la sensibilidad del ensayo. Esta sensibilidad depende de la técnica a utilizar y de las propiedades de las partículas magnéticas a usar el cual tendrá que tener la capacidad de movimiento sobre la superficie de la pieza a ensayar en respuesta de los campos de fuga creados por las discontinuidades. (p. 4).

2. Magnetización de la pieza.

Según, Serrano, (2007), el ensayo consiste en magnetizar la pieza que es objeto de ensayo para evidenciar la presencia de líneas de fuga, en un campo magnético. El medio el cual se genera los campos magnéticos se puede usar imanes permanentes, aunque su intensidad puede ser baja pero constante, de otro modo se emplean las corrientes eléctricas que generan mayor campo magnético puede ser la corriente continua, alterna o rectificada. El campo magnetico generado con una corriente continua pueden detectarse discontinuidades mayor a 6 mm a diferencia que de la corriente alterna detecta defectos superficiales hasta los 6 mm. (p. 4).

3. Aplicación del Método de Partículas Magnéticas.

Según, Serrano, (2007), “las partículas magnéticas pueden aplicarse en seco o por vía húmeda, mediante suspensión en líquido, disolventes o agua”. En la empresa MEPSA se utiliza la técnica de aplicación de partículas magnéticas secas.

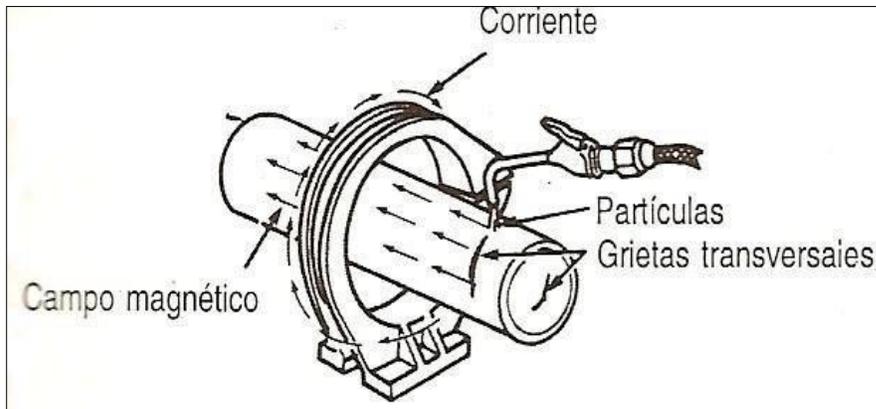


Figura 4. Aplicación del método de partículas magnéticas

Fuente: Serrano, (2007)

En la **figura 4**, se observa mediante la gráfica la aplicación de las partículas magnéticas mediante un campo magnético.

Partículas Magnéticas Secas

La aplicación del método de partículas magnéticas secas se realiza con los sopladores mecánicos o manuales (saleros), el cual produce una dispersión uniforme en el aire de las misma para dirigirse a los campos de fuga magnéticos que están en los objetos a inspeccionar.

4. Observación, interpretación y registro de las indicaciones.

Según, Serrano, (2007), en esta etapa se realiza la observación de las indicaciones, que son los resultados obtenidos mediante el ensayo, para una inspección satisfactoria solo se requiere de una buena iluminación natural o blanca. Además, es esta etapa las indicaciones son interpretadas de tal manera que se trata de analizar las causas que las originaron por ejemplos unas de las

indicaciones podrían ser: una fisura, una grieta, un poro, etc. La experiencia del inspector describe con mayor énfasis las interpretaciones. (p. 7).

5. Desmagnetización de la Pieza.

Según, Serrano, (2007), la desmagnetización de la pieza se realiza como último paso del procedimiento. Es fundamental la desmagnetización ya que la atracción de las virutas metálicas podría causar daños en el servicio de la pieza. Se realiza mediante estas dos técnicas:

1. Desmagnetización por corriente alterna, se realiza colocando una pieza en la parte interna de una bobina que circula corriente alterna y esta se va alejando lentamente hasta 2 metros de ella; se puede considerar anulado el campo.
2. Desmagnetización por corriente continua, esta técnica se realiza con un sometimiento a un campo continuo de la pieza donde va reduciendo su amplitud, en cada escalón se invierte su sentido. (p. 7).

2.2.1.5.3. Ventajas y Desventajas del Ensayo del Método de Partículas Magnéticas

Ventajas

1. Se inspeccionan las piezas en serie obteniéndose durante el proceso, resultados significativos e inmediatos.
2. El equipo relativamente simple, provisto de controles para ajustar la corriente, y un amperímetro visible, conectores para DC y AC.
3. Portabilidad y adaptabilidad a muestras pequeñas o grandes.
4. Detecta muchas discontinuidades superficiales y subsuperficiales.
5. Las indicaciones son producidas directamente en la superficie de la pieza, indicando la longitud, localización, tamaño y forma de las discontinuidades.
6. El equipo no requiere de un mantenimiento extensivo.

Desventajas

1. Es aplicable solamente para materiales ferromagnéticos.
2. Utiliza partículas de hierro con criba de 100 mallas (0.0059 in).
3. No se detectan discontinuidades que se ubiquen a profundidades mayores de 1/4".
4. La detección de una discontinuidad dependerá de muchas variables, tales como la permeabilidad del material, tipo, localización y orientación de la discontinuidad, cantidad y tipo de corriente magnetizante empleada, tipo de partículas, etc.
5. La aplicación del método de partículas magnéticas en el campo es de mayor costo.
6. La rugosidad superficial del objeto a inspeccionar puede distorsionar las líneas de flujo.
7. Generalmente después de la inspección se requiere de una desmagnetización.

2.2.1.5.4. Materiales y Equipos

Los materiales se clasifican en:

1. **Diamagnéticos:** Son levemente repelidos por un campo magnético, se magnetizan débilmente.
2. **Paramagnéticos:** Son levemente atraídos por un campo magnético, No se magnetizan en el caso de los aceros austeníticos.
3. **Ferromagnéticos:** Son fácilmente atraídos por un campo magnético, se magnetizan con facilidad.

Los equipos que se usan para el ensayo de partículas magnéticas son las siguientes:

1. Yugo Electromagnético CA/CC
2. Medidor de campo residual.
3. Rociador de partículas tipo salero.

2.2.1.6. Ensayo por el Método de Ultrasonido

A continuación, se define el concepto del método de ultrasonido.

2.2.1.6.1. Definición del Método de Ultrasonido

El método de ultrasonido es un tipo de ensayo no destructivo que sirve para detectar fallas internas llamadas discontinuidades, los cuales durante la evaluación según los criterios serán llamados defectos o simplemente indicación no relevante.

Según, Mosquera & Sánchez, (2015), “la inspección por ultrasonido, es un método no destructivo en el cual un haz o un conjunto de ondas de alta frecuencia son introducidos en los materiales para la detección de falla en la superficie y subsuperficie” (p. 13).

2.2.1.6.2. Técnicas de Inspección por Ultrasonido con Haz Recto

1. Equipo

El equipo a usar para realizar los END mediante el método por ultrasonido es un equipo de marca sonatest de modelo D-50 es un instrumento ultrasónico del tipo pulso-eco. Este instrumento será capaz de operar a frecuencias en un rango de al menos 1 a 5 MHz, y debe estar equipado con un control de ganancia escalonada en unidades de 2.0 dB o menos. Este equipo funciona mediante la técnica pulso-eco con presentación “A-scan” el cual incluye una variedad de configuraciones. Un accesorio más común que se utiliza el cual puede encontrarse se puede mencionar a la curva DAC. (Ver **Figura 5**).



Figura 5. Equipo de ultrasonido sonatest D-50

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 5**, se observa el equipo de marca sonatest modelo D-50, con el cual se realiza los ensayos mediante el método de ultrasonido como medida de control de calidad, en las inspecciones de los forros para molino SAG.

2. Unidades de búsqueda

Según, Mosquera & Sánchez, (2015), la velocidad del sonido en el acero es aprox. 5920 m/s eso va depender del acero que se va inspeccionar, la frecuencia nominal será de 1 a 5 MHz a menos que la estructura del material u otras variables requieran de otras frecuencias para alcanzar una mejor resolución. (p. 61).

3. Acoplante

Según, Mosquera & Sánchez, (2015), El líquido acoplante debe humedecer la superficie de la pieza para proporcionar mejor eficiencia de acoplamiento. Para evitar que las señales pierdan la sensibilidad se debe tener el cuidado de la presencia de burbujas de aire en el acoplamiento. Para la calibración se utilizará el mismo medio de acoplamiento. (p. 62).

4. Inspección con Haz Recto

Según, Mosquera & Sánchez, (2015), La técnica de inspección usada para el método de inspección por ultrasonido es llamada Pulso-Eco. Para desarrollar las inspecciones se debe de utilizar un transductor de un cristal o dos cristales, lo cual servirá tanto para la medición de espesores como para la detección de fallas internas respectivamente.

El Pulso-Eco evidencia el momento que el transductor emite una señal de onda ultrasónica que atraviesa el objeto inspeccionado y en el caso de que encuentre tras el paso una interfaz acústica o una discontinuidad esta regresa a la fuente emisora.

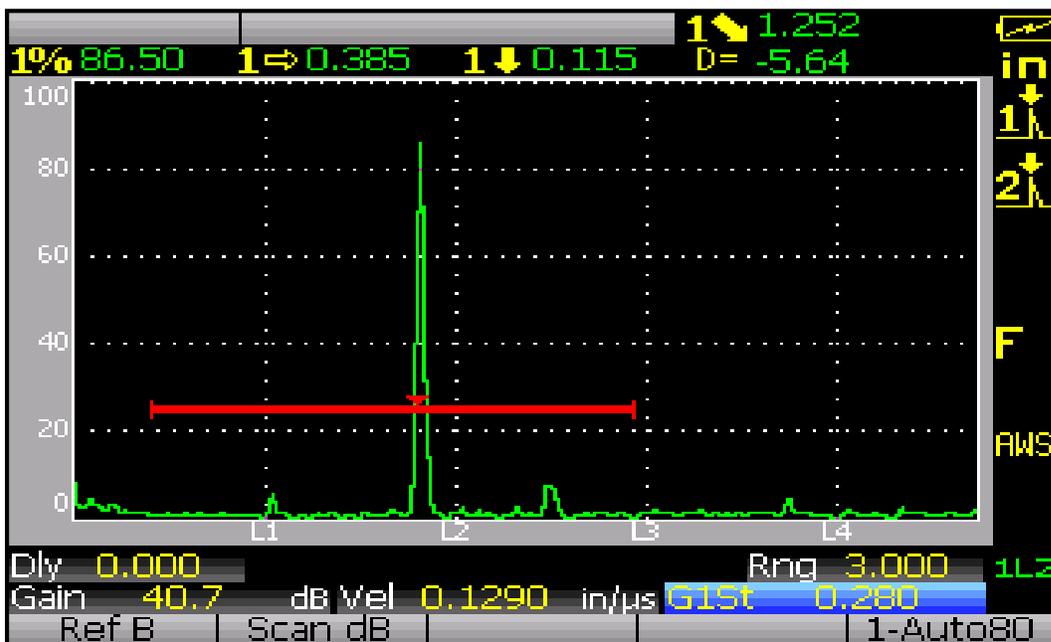


Figura 6. Pantalla con barrido A-scan

Fuente: Mosquera & Sánchez, (2015)

En la **figura 6**, se observa la señal que indica el eco de fondo, que aproximadamente tiene una amplitud del 86.5% y quiere decir que la pieza en examinación presenta una buena solidez y que no hay alguna indicación relevante.

5. Calibración con Haz recto

La calibración se realiza con patrones de calibración según las normas que estipulan los controles que se deben realizar los equipos para que ejercen su función al momento de realizar el ensayo de ultrasonido. Los procedimientos de calibración en la empresa MEPSA se realizan en base a la norma ASTM 609/609 M.

Bloques Patrón

Según, Asociación Española De Ensayos No Destructivos, (2009), son piezas de un material de composición, estado superficial, tratamiento térmico, y forma geométrica especificados, mediante los cuales se puede verificar y calibrar un aparato de ultrasonidos. No han sido pensados para un ensayo concreto, ya que su validez es universal. (p. 107).



Figura 7. Bloque de calibración para medición de espesores por haz recto.

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 7**, se observa un típico bloque de calibración tipo V1 medición de espesores cuando se emplea el examen con haz recto.

6. Detección de discontinuidades

Según, Yori, (2009), el principio del control ultrasónico de materiales a través de ensayos no destructivos, se basa en la capacidad de los sólidos de conducir ondas sonoras. Estas se reflejan en las interfaces debido a cambios de impedancia acústica y, por lo tanto, de velocidad de propagación del sonido. Se emplean ondas longitudinales y transversales de frecuencias entre 20 Khz y 100 MHz aproximadamente, aunque se utilizan más comúnmente frecuencias entre 500 Khz y 20 MHz.

2.2.2. Variable (Y) Control de Calidad

2.2.2.1. Definición del Control de Calidad

Al conjunto de actividades y técnicas, de modo operativo, que son empleados para la verificación de las exigencias de la calidad del producto o servicio, se le llama control de calidad.

Según, Camisón, Cruz, & González, (2006), toma la definición de Feigenbaum (1956:6) El control de calidad total es un sistema efectivo para integrar los esfuerzos de desarrollo, mantenimiento y mejora de la calidad de varios grupos de una organización a fin de hacer posibles marketing, ingeniería, producción y servicio a plena satisfacción del consumidor y a los niveles más económicos. (p. 232).

2.2.2.2. Definición de Calidad

La definición de la calidad es en pocas palabras, satisfacer las necesidades de nuestros clientes, cumpliendo los estándares de calidad ofrecidos en las órdenes de compra. Así mismo hay autores que lo definen de la siguiente manera:

Según Kotler (2000), la calidad es la diferencia entre la suma de beneficios positivos que recibe el cliente al comprar el producto (valor del producto, de los servicios, del personal y de la imagen), y el coste total en que incurre (precio monetario, tiempo empleado, energía empleada y costes psicológicos).

Para Crosby (1973), la calidad es el resultado de la prevención de defectos y el cumplimiento de los requisitos, su filosofía ubica al costo monetario de calidad como centro de medición; su teoría de “Cero Defectos” no hace mención a un producto perfecto sino al compromiso de todos los miembros de la organización en cumplir los requisitos la primera vez y las siguientes.

2.2.2.3. Evolución Histórica de la Calidad

Según, Navidad, (2017), en cuanto su evolución histórica el término de calidad sufrió cambios numerosos, para ello, a continuación, describiremos cada una de las etapas el concepto que se tenía de calidad y cuáles eran sus objetivos a perseguir. (párr. 4)

Según Navidad, (2017), actualmente la evolución de la calidad se clasifica en 5 etapas:

2.2.2.3.1. Inspección de Calidad

Al crearse las primeras naciones, también se creó un mercado relativamente estable de bienes y servicios, lo cual permitió el desarrollo de muchos productos y por ende se desarrollaron los procesos y las especificaciones. Creando de esa manera nuevas formas de organización que desarrollarían nuevos productos. Paralelo a la creación de los productos se comenzó a usar algunos instrumentos básicos de medición como la cinta, el nivel, la escuadra, es ahí donde nace la actividad de inspeccionar. Esta etapa de inspección se caracterizó por la detección y solución de problemas que presentaría los productos. En esta etapa nace la figura del inspector. (Navidad, 2017)

2.2.2.3.2. Control estadístico de la calidad

Según Navidad, (2017), Esta etapa 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. (párr. 4).

Walter Stewart (1891-1967), es uno de los personajes de esta época que entendía que la calidad era un problema de variación el cual controlando y previniendo podría eliminar los tiempos que son las causas que provocan no cumplir con la tolerancia de la especificación. Es el que creó las gráficas de control con el objetivo de corregir las fallas dentro de un proceso productivo. Es ahí donde la inspección deja de ser masiva para convertirse en inspección a base de muestreo.

2.2.2.3.3. Aseguramiento de la calidad

Según Navidad, (2017), surge la necesidad de involucrar a todos los departamentos de la organización en el diseño, planeación y ejecución de políticas de calidad. Hasta la etapa del control estadístico, el enfoque de calidad se había orientado hacia el proceso de manufactura, no existía la idea de la calidad en servicios de soporte y menos en el servicio al consumidor. Es a principios de los años cincuenta cuando Joseph Juran impulsó el concepto de aseguramiento de calidad que se fundamenta en que el proceso de manufactura requiere de servicios de soporte de calidad, por lo que se debían coordinar esfuerzos entre las áreas de producción y diseño del producto, ingeniería de proceso, abastecimiento, laboratorio, además de otras áreas. (párr. 4).

2.2.2.3.4. Gestión de la calidad

Según, Gehisy, (2010), hace mención a la gestión de la organización, donde los miembros de la empresa participan activamente, para cumplir el objetivo común: el éxito a largo plazo mediante la satisfacción del cliente interno y externo. Empezaron por lo tanto a tocar los términos de la Gestión de Calidad, es aquí que se integran la labor frente al desempeño de la calidad, precisando y poniendo en desarrollo los objetivos y atribuyendo las tareas de la calidad a una entidad. Utiliza la planificación, el control, el aseguramiento y el mejoramiento de la calidad puesto que es la forma de incluirse a un sistema de Gestión de la Calidad. Aparece esta como una fase superior en la evolución de la calidad.

2.2.2.3.5. Gestión Total de la Calidad

Según, Camisón, et al., (2006), es un pensamiento con dirección, con alternativas estratégicas, de simple colección de técnicas, un nuevo modelo de sistema de gestión de función directiva. El nuevo planteamiento especializado de la calidad, bien definido en el control estadístico de los procesos, es una parte del concepto de gestión total de la calidad. Asimismo, es mejorar el

desempeño de los niveles operacionales de una organización, utilizando la economía disponible y el recurso humano. (p. 56).

Fases para la Gestión Total de la Calidad

Según, Novillo, Parra, Ramón, & Lopez, (2017), Dentro de las fases para la gestión Total de la calidad recogemos la trilogía de Juran:

1. Planificar la Calidad

En esta etapa se busca el desarrollo de los productos o procesos para la satisfacción de los clientes y las acciones necesarias son: 1) Determinar las necesidades de los clientes a quienes se dirigen. 2) Diseñar productos o servicios los que se consideran necesidades para nuestros clientes. 3) Ejecutar las actividades según lo planificado.

2. Controlar la Calidad

En esta etapa se detectan desviaciones que no cumplen los estándares o especificaciones. Para realizar se toma en consideración: 1) Evaluar las desviaciones comparando los estándares planificados. 2) Implementar procedimientos para corregir las desviaciones.

3. Mejorar la Calidad

En esta fase se crea un sistema organizado para evitar las falencias que ocurren en la fase de planificación y evitar de esa manera futuros problemas de calidad. Se deberían cumplir los objetivos siguientes: 1) Elaborar un sistema para evitar los posibles problemas futuros de calidad. 2) Elaborar proyectos de mejora con el propósito de minimizar los errores, que se consideran puntos críticos de control. 2) Definir, al grupo de colaboradores que pertenecerán al proyecto de mejora. (p.62-63).



Figura 8. Trilogía de Juran

Fuente: (Novillo et al., 2017)

Según la **figura 8** se observa la trilogía de Juran. Estas tres fases constituyen los pilares básicos de la Gestión total de la calidad.

2.2.2.4. Filosofía de la calidad

Diferentes autores tienen filosofías diferentes acerca de la calidad a continuación menciono algunos:

Según Wikipedia, (2021), para Philip Crosby (1989), puntualiza que: “la calidad es entregar a los clientes y a los compañeros de trabajos, productos y servicios sin defectos y hacerlo a tiempo”.

Según, Pola, (2009), para el Dr. Kaoru Ishikawa (1988), define la calidad de la siguiente manera: “desarrollar, diseñar, manufacturar y mantener un producto de calidad que sea el más económico, el útil y siempre satisfactorio para el consumidor”. (p.12)

Según Wikipedia, (2021), para E.W. Deming (1989), establece que: “la calidad es el grado predecible de uniformidad y fiabilidad a un bajo costo y que se ajusta a las necesidades del mercado”. (párr. 4)

Según Wikipedia, (2021), para J. M. Juran (1993), define que: “la calidad es adecuación al uso del cliente. Solamente centrada en el uso la cual es sólo un aspecto” (párr. 4)

2.2.2.5. Dimensiones de la calidad

Según, Suarez, (2016), menciona en su artículo que: En 1987, David A. Garvin publicó en la Harvard Business Review su famoso artículo “Competiendo en las Ocho Dimensiones de la Calidad” (párr. 4).

Las 8 dimensiones de la calidad son:

Desempeño: Se habla de las cualidades básicas de un producto en servicio.

Características: Abarca elementos secundarios, adicional a lo primordial.

Conformidad: El grado en que un producto o servicio se ajusta al estándar

Confiabilidad: Se ocupa de la posibilidad de una pésima operatividad del producto.

Durabilidad: Se manifiesta de la vida útil de un producto.

Atención: comprende los factores que pueden afectar la percepción del cliente.

Estética: Respuesta y reacciones del cliente a las características físicas

Calidad Percibida: Relacionada con la imagen y la reputación.

2.2.2.6. Ingeniería de la calidad

La ingeniería de la calidad es una metodología que desarrolla aplicaciones de técnicas para la optimización procesos y de manufactura. Fue desarrollada por Genichi Taguchi, que dentro de su objetivo combina los métodos de ingeniería y la estadística con el fin de mejorar el costo y la calidad del producto.

2.2.2.7. Mejoramiento de la calidad

Según, Encinas, (2009), la calidad es una estrategia que abarca las responsabilidades de todas las áreas dentro de una organización para el mejoramiento continuo. Combina técnicas esenciales de administración, esfuerzos de mejoramiento y herramientas especializadas. Como objetivo esencial del mejoramiento de calidad es el incremento de la satisfacción del cliente y dentro de su proceso de mejora continua satisface con los conceptos amplios tales como metas de costos, calidad y entrega a tiempo. (párr. 4).

2.2.2.8. 7 Herramientas de la Calidad

A continuación, describimos las 7 herramientas de la calidad:

Histogramas de Frecuencia

Según, Camisón, et al., (2006), son diagramas de barras que representan el nivel y la condición de elementos que varían dentro del rendimiento de un proceso. El Histograma muestra la distribución de frecuencias de un grupo de valores mediante la representación gráfica de barras.

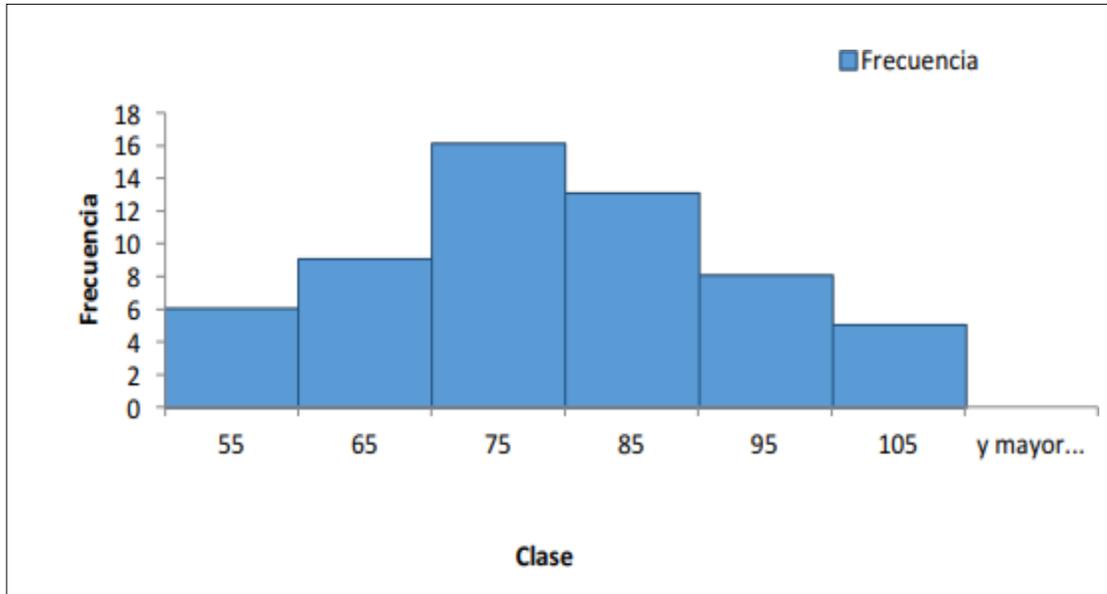


Figura 9. Representación de un histograma de frecuencia

Fuente: (Novillo et al., 2017).

En la **figura 9**, se observa el ejemplo de la representación gráfica del histograma de frecuencia.

Diagrama Causa – Efecto

Según, (Novillo et al., 2017), “este diagrama fue propuesto por Kaoru Ishikawa, uno de los padres de la calidad, el diagrama también es conocido como el diagrama de la espina de pescado, diagrama de Ishikawa o también diagrama de causa-efecto”(p. 36).

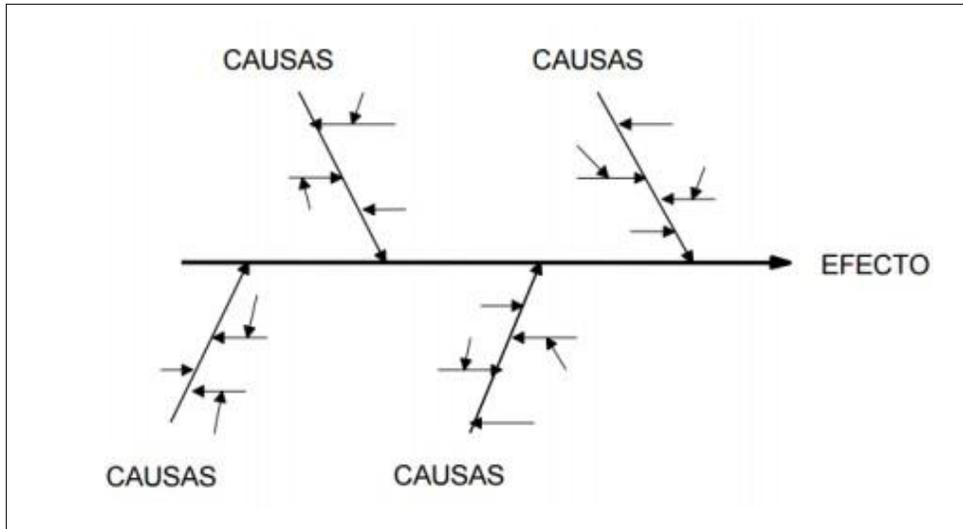


Figura 10. Representación de un diagrama causa – efecto

Fuente: (Novillo et al., 2017).

En la **figura 10**, se observa el ejemplo de la representación gráfica del diagrama de causa-efecto donde se puede visualizar el lugar donde se escriben las posibles causas y el efecto que generaría.

Diagrama de Pareto

Según, Camisón, et al., (2006), el diagrama de Pareto es una herramienta que se utiliza para graficar barras con elementos colocados de forma descendente para poder identificar los factores que involucran un problema. Es un tipo de distribución de frecuencias que se rige en el principio de Pareto, denominado regla 80/20, indica que el 80% de problemas son originados por un 20% de las causas.

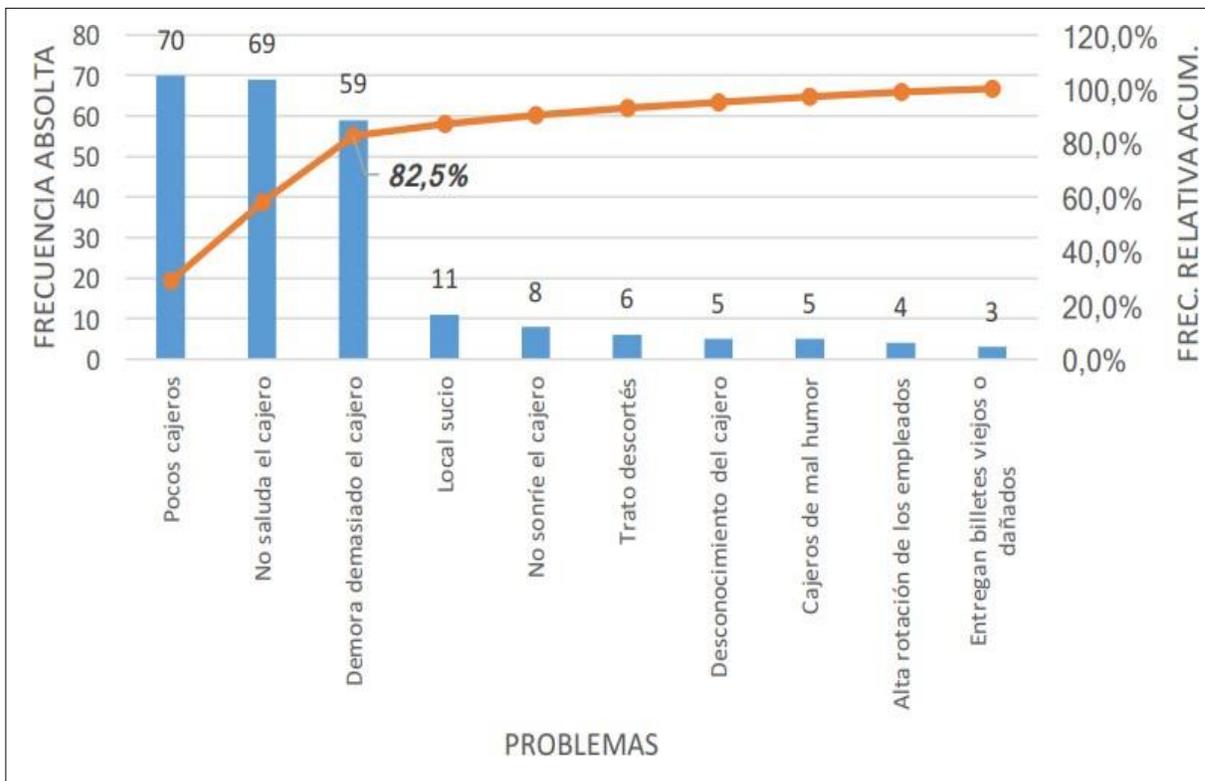


Figura 11. Representación de un diagrama de Pareto

Fuente: (Novillo et al., 2017).

Según, (Novillo et al., 2017), en la **figura 11**, “podemos observar que solucionando los tres primeros problemas (Pocos cajeros, No saluda el cajero, y Demora demasiado el cajero) se resolvería el 82,5% de las quejas presentadas” (p.34).

Hojas de Control

Según, Camisón, et al., (2006), la hoja de recogida de datos sirve para recoger los datos necesarios y poder realizar un posterior análisis de éstos. Su principal utilidad proviene del empleo de datos objetivos a la hora de examinar un fenómeno determinado. Como sirven de base para adoptar decisiones, es

importante que el método de recogida y el análisis de los propios datos garanticen una interpretación correcta del fenómeno estudiado. (p. 1228)

Producto: Tratamiento: N.º de piezas inspecc: N.º total de piezas:				Fecha: Departamento: Operario: Notas:				
	1.º día	2.º día	3.º día	4.º día	5.º día	6.º día	7.º día	Total
Tejido manchado	///	///	////	/	//	/	///	22
Tejido defectuoso		//		///	///	//	/	13
Error de confección	//		///	///	///	/		14
Error de planchado	/	/			/	//		5
Otros	/			//		//	/	6
Total	9	6	10	11	11	8	5	60

Figura 12. Hojas de control

Fuente: (Camisón et al., 2006)

Según, Camisón et al., (2006), en la **figura 12**, “ se muestra un ejemplo . Las dimensiones se colocan en horizontal y el número de productos con tales dimensiones se coloca en vertical (frecuencia)” (p. 1229).

Diagrama de Dispersión

Según, Alonso, (2006), “Es un tipo de diagrama matemático que utiliza las coordenadas cartesianas para mostrar los valores de dos variables para un conjunto de datos”. Como se muestra en la **figura 13**. (párr. 4).

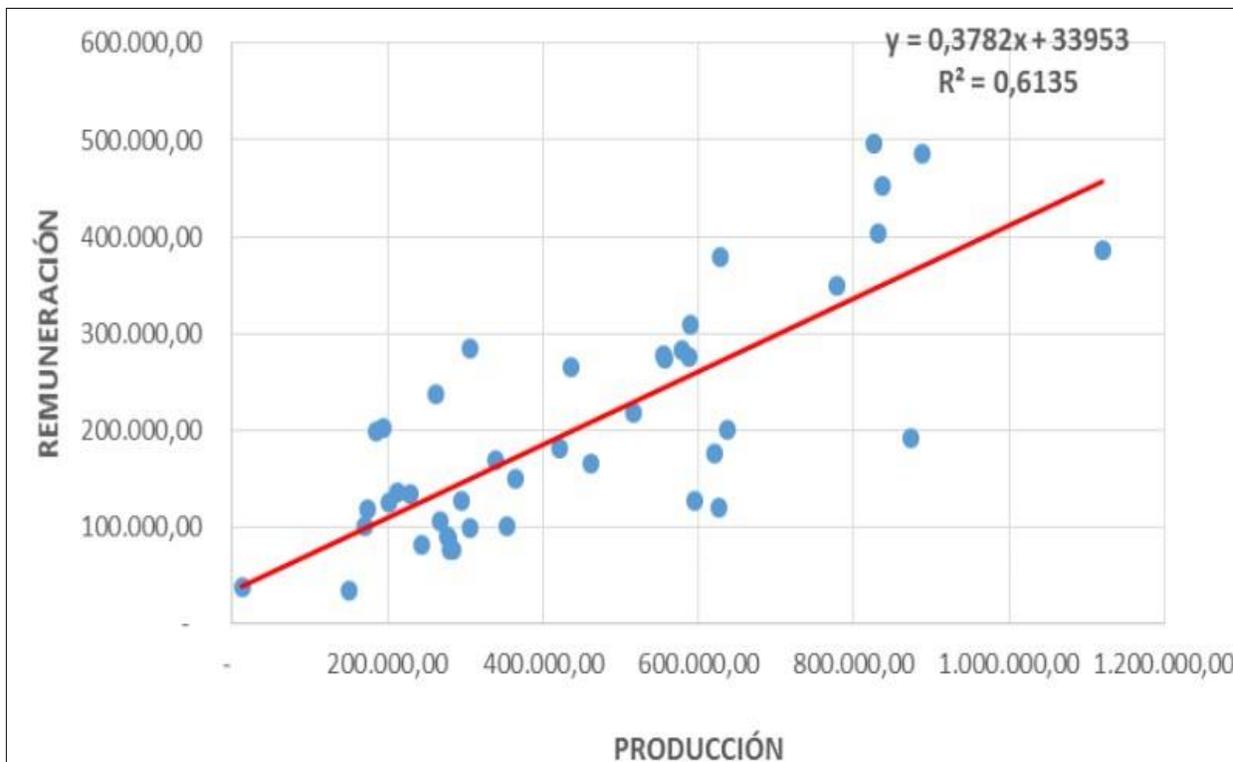


Figura 13. Representación de un diagrama de dispersión

Fuente: (Novillo et al., 2017).

Según la **figura 13**, se puede observar un ejemplo de la representación de un diagrama de dispersión, el análisis de regresión confirma la comparación entre dos variables.

Diagrama de Flujo

Según, Ramos, (2018), menciona que: “ayuda en la identificación del mejor camino que el producto o servicio recorrerá en el proceso, es decir, muestra las etapas secuenciales del proceso, utilizando símbolos que representan los diferentes tipos de operaciones”. (párr. 4).

SIMBOLO	REPRESENTA	SIMBOLO	REPRESENTA
	Inicio o Fin de un proceso		Multidocumento (conjunto de documentos/expediente)
	Decisión (Si o no)		Preparación
	Actividad que se da en el proceso		Conector (para enlazar secuencias en el proceso)
	Proceso predefinido		Conector fuera de página
	Documento utilizado en el proceso		Retraso
	Grabación de datos		Línea de flujo (camino a seguir en el proceso)

Figura 14. Simbología para realizar diagrama de flujo

Fuente:(Novillo et al., 2017).

En la **figura 14**, se observa los símbolos para realizar un diagrama de flujo.

Gráfica Dinámica de Control

Según, Evans y Lindsay, (2008), nos muestra el desempeño y variación de un proceso o algún indicador de calidad o productividad a través del tiempo en forma gráfica fácil de entender e interpretar; asimismo, identifican los cambios y tendencias en los procesos a través del tiempo y muestra de efectos de las acciones correctivas. (p.20).

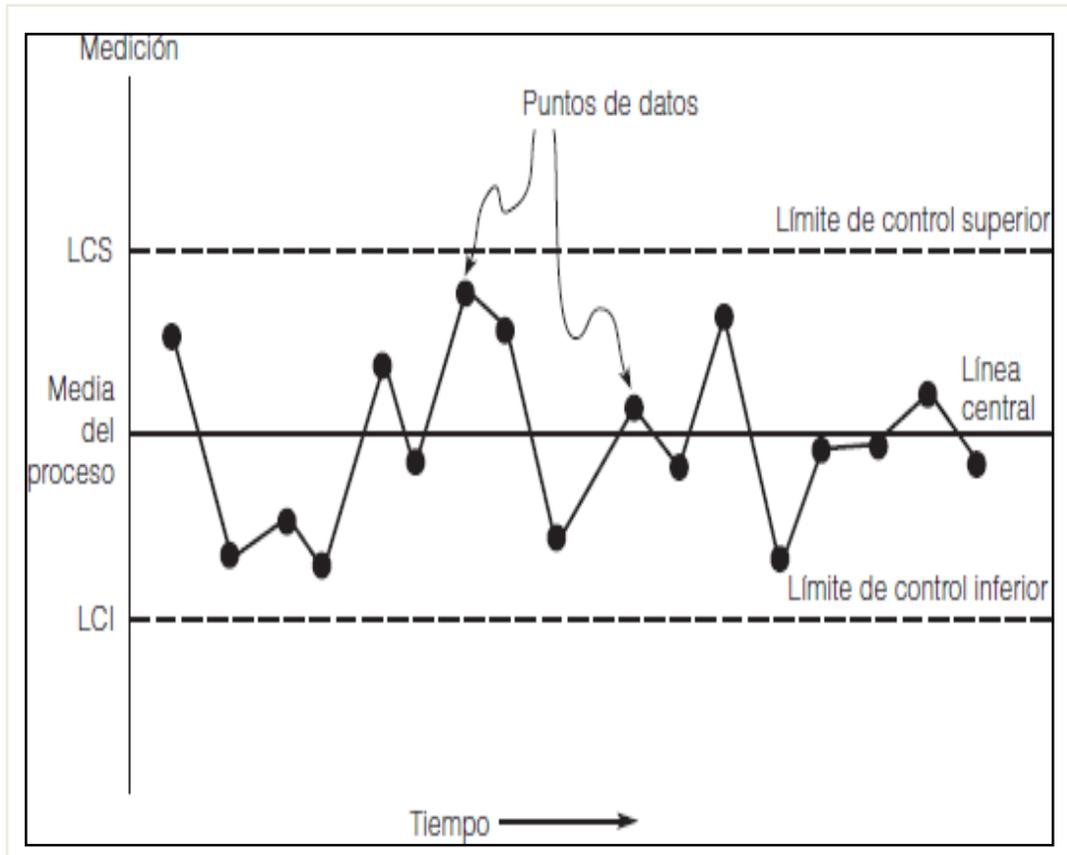


Figura 15. Gráfica de control

Fuente: (Evans y Lindsay, 2008)

Según la **figura 15**, se observa un ejemplo de la representación gráfica del control. Donde se especifica el límite de control superior (LCS), la línea central y el límite de control inferior (LCI).

2.2.3. Teorías Relacionadas a las Variables de Estudio

2.2.3.1. Forros de Molino SAG Cromo Molibdeno

Según Barrios, (2015), los forros SAG son de acero al cromo molibdeno una aleación especial y estos son los revestimientos que cubren internamente al molino, dichos forros tienen la propiedad de resistencia al impacto y ligeramente a la abrasión de las bolas de acero, asimismo al igual que la carga del mineral. Para la sujeción entre el forro y el molino se utilizan pernos que son de acero de alta resistencia a la tracción, con cabeza hexagonal o cabeza cuadrada que encajan en los agujeros de los forros. (p. 35).

2.2.3.2. Molino SAG

Según, Aguilar, (2017), el molino se rola con planchas de acero en maquinaria diseñada para la operación para la mecánica de rolado luego se suelda o se remacha. El espesor depende de la carga de bolas y del mineral que se desea moler, y también del grado de debilitamiento del casco por los huecos que se perforan y que son 9 practicados por el taladro para la fijación por medio de pernos de cabeza ovalada del revestimiento. (p. 8).



Figura 16. Molino SAG

Fuente: Barrios, (2015)

En la **figura 16**, se observa la imagen del molino SAG y en su interior como revestimiento van los forros que fueron las que se inspeccionaron en la empresa MEPSA.

2.2.3.3. Norma

Es un documento establecido y aprobado por un organismo reconocido, que proporciona, para uso común y repetitivo, reglas, directrices o características para ciertas actividades o sus resultados, con el fin de conseguir un grado óptimo de orden en un contexto dado.

2.2.3.4. Especificación

Es un documento que describe en forma clara y precisa; los requerimientos técnicos esenciales de un material, un producto, un sistema o un servicio.

2.2.3.5. Norma ASTM

La Sociedad Americana para Ensayos y Materiales por sus siglas en inglés (ASTM), es una organización científica y técnica que estudia las características y cualidades de los materiales, productos, sistemas y servicios y así mismo desarrolla las normas relacionadas a las mismas. La ASTM proporciona una amplia gama de normas y guías prácticas de ensayos no destructivos, los cuales incluyen varios de estándares, procedimientos y métodos. (ASTM A 609, 1997) (ASTM A 802, 2001) (ASTM A 903, 1999) (ASTM E 709, 2001)

Para la presente investigación usamos las siguientes referencias:

5. ASTM A 609: Práctica Estándar de Ultrasonido para Piezas de Acero al Carbono, Baja Aleación y Aceros Inoxidables Martensíticos.
6. ASTM A 802: Práctica Estándar para Piezas de Acero, Estándar de Aceptación Superficial y Examinación Visual. SCRATA.
7. ASTM A 903 Especificación Estándar para fundiciones de acero, Estándares de aceptación de Superficies, Inspección de Partículas Magnéticas y Líquidos Penetrantes.
8. ASTM E 709: Guía Estándar para Examen de Partículas Magnéticas.

2.2.3.6. Normas ASNT

La Sociedad Americana para Ensayos no Destructivos por sus siglas en inglés (ASNT), es una organización abierta para cualquiera persona interesada en el campo de los ensayos no destructivos END. Dentro de los objetivos que persigue la ASNT se Pueden citar los siguientes:

1. Proveer mediante foros el intercambio de la información técnica de END.
2. Proporcionar materiales educativos y programas referentes a los END.
3. Brindar capacitación, normas y servicio de calificación y certificación del personal que labora en END.
4. Promover la disciplina de los END como una profesión.
5. Facilitar y promover la investigación y aplicación de la tecnología de END.

2.2.3.7. Proceso de Inspección

Según, Colaboradores de Wikipedia, (2019), el procedimiento de inspección consiste en verificar las unidades de un lote de producción. La inspección permite aceptar productos que cumplen las especificaciones de calidad. Pero cuando la inspección es realizada manualmente se presentan dos tipos de problemas, el gasto involucrado y la precisión de inspección.

2.2.3.8. Tipos de Inspección

En una primera clasificación, los tipos de inspección podrían diferenciarse entre la “inspección 100 %” y la “inspección por muestreo”.

2.2.3.8.1. Inspección por Muestreo

Según, Colaboradores de Wikipedia, (2019), la inspección por muestreo es más conocido como muestreo de aceptación, es un procedimiento en el que se examina una o más muestras de lotes de producción para verificar su calidad. Dentro de la inspección por muestreo se distinguen dos tipos de inspección llamados inspección por atributos e inspección por variables. (párr.4).

Inspección por Atributos

Según, Colaboradores de Wikipedia, (2019), es aquel tipo de inspección que se desarrolla mediante una técnica llamada aleatoriedad. Se determina la cantidad de muestra a sacar de cada lote de producción para ser revisada y clasificada según su atributo ya sea aceptable o defectuosa. Para la inspección por atributos el porcentaje del tamaño de la muestra debe ser aproximadamente el 5% de la producción. (párr. 4).

Inspección por Variables

Según, Colaboradores de Wikipedia, (2019), “la inspección por variables es un tipo de inspección que consiste en medir y registrar una unidad de medida en la que una característica específica de calidad es medida con una escala continua para revisar su variación”.

Inspección por variables	Inspección por atributos
Medición de la longitud de una determinada pieza.	Medir una pieza cilíndrica mediante calibres “pasa/no pasa” para determinar si se encuentra dentro de las tolerancias.
Medición de la temperatura de un horno de cocción.	Determinar la tasa de fracción de defectos de una muestra de partes de producción.
Medición de la resistencia eléctrica de un determinado componente electrónico.	Contar el número de defectos por automóvil conforme este deja la planta de ensamble final.
Medición del tiempo que puede resistir un material al fuego.	Contar el número de faltas de los empleados por turno en una empresa.

Figura 17. Comparación entre inspección por variables con inspección por atributos

Fuente: Colaboradores de Wikipedia, (2019).

Según la **figura 17**, se detalla la comparación entre la inspección por variables vs la inspección por atributos.

2.3. Definición de Términos Básicos

2.3.1. Aplicación de los Ensayos no destructivos

Según, Asociación española de Ensayos No Destructivos - Delojo,(2011), los ensayos no destructivos son caracterizados por ser inofensivos para la integridad de los objetos ensayados, y están obligados por ello a adaptarse a sus exigencias. Todos los ensayos no destructivos son métodos físicos y se basan en verificar variaciones de alguna propiedad física en el objeto de ensayo de que se trate constituye una discontinuidad. (p. 29)

2.3.2. Método de Inspección Visual

Según, (Asociación española de Ensayos No Destructivos - Delojo, G., 2011), la inspección visual es el método de ensayo más importante, dicho así, ex abrupto, pudiera tomarse como salida de tono disculpable en quien escribe sobre el asunto. De “chauvinismo” de autor, encariñado con su tema, se podría calificar. Sin embargo, tal categórica afirmación es cierta, aunque debe ser justificada y matizada. (pp. 31-32).

2.3.3. Método de Partículas Magnéticas

Según, (Asociación española de ensayos no destructivos, 2014), los ensayos por el método de partículas magnéticas se debe disponer de un medio de magnetización (equipos y sus accesorios), que permita magnetizar las piezas a examinar, y un medio de detección (partículas magnéticas). Además, se deberá disponer de una serie de accesorios como indicadores de campo, luxómetros, etc., que permitirán llevar a cabo el ensayo en condiciones adecuadas. (p. 94).

2.3.4. Método de Ultrasonido

Según, (Asociación española de Ensayos No Destructivos - Delojo, G., 2011), los ensayos no destructivos son caracterizados por ser inofensivos para la integridad de los objetos ensayados, y están obligados por ello a adaptarse a sus exigencias. Todos los ensayos no destructivos son

métodos físicos y se basan en verificar variaciones de alguna propiedad física en el objeto de ensayo de que se trate constituye una discontinuidad. (p. 29)

2.3.5. Control de Calidad

2.3.5.1. Definición de Calidad

Según, (Pola, 2009), nos dice que “calidad es el conjunto de propiedades y características de un producto, proceso o servicio, que le confieren su aptitud para satisfacer necesidades” (p. 10)

2.3.5.2. Definición de Control de Calidad

Según, (Ishikawa, 2007), “el control de calidad consiste en el desarrollo, diseño, producción, comercialización y prestación de servicio de productos y servicios con una eficacia de coste y una utilidad óptima, y que los clientes compren con satisfacción.” (p.14)

CAPÍTULO III DESCRIPCIÓN DE LA EXPERIENCIA

3.1. Descripción de Incorporación a la Empresa MEPSA

MEPSA es la fundición más grande del Perú dedicada a la fabricación de piezas para la industria de la minería, azucarera y cementera, el ingreso a la empresa fue en octubre del 2016 al área de Control de Procesos y Aseguramiento de la Calidad, con el cargo de Inspector de Calidad. El área de Calidad está subdividida en tres líneas de control:

1. Control de calidad de piezas.
2. Control de calidad bola
3. Laboratorio.

Ingresé al área de Calidad Piezas, el proceso de ingreso fue en 2 etapas, la primera entrevista tuve con la Srta. Fabiola Guima, quien era la Analista de Selección y Desarrollo, y la segunda entrevista se realizó con la Jefatura de Calidad, el representante de la entrevista fue el Supervisor de Calidad Sr. Felipe Castro. Posteriormente los trámites documentarios se realizaron con la Srta. Fabiola. En ese entonces el Jefe de Calidad era el Ing. Luciano Pereira y como Coordinadora la Ing. Diana Deza, que posteriormente por cambios dentro de la empresa, se quedaría como Jefa del Área.

Durante este tiempo de labor en la empresa he logrado realizar las inspecciones que se desarrollan tanto interna como externamente. Durante este periodo desde el año 2016 que fue mi ingreso a la empresa he podido lograr sacar el Nivel II en los ensayos no destructivos en los métodos tales como: Ultrasonido (UT), Tintes Penetrantes (PT), Partículas Magnéticas (MT) e Inspección Visual (IV). (Ver **Anexo 2 al 5**). Con este nivel he podido firmar los certificados que se emiten en el Dossier de Calidad.

3.1.1. Funciones como Inspector de Calidad

Dentro de las funciones como Inspector que se desarrolló y se desarrolla son las siguientes:

1. Dar soporte al área de calidad en la inspección interna y externa de piezas.
2. Realizar las inspecciones de ensayos no destructivos tales como: Método de Ultrasonido, método de partículas magnéticas, método de tintes penetrantes y método de inspección visual de piezas muestra y producción.
3. Registrar las inspecciones diarias en formatos de calidad.
4. Realización de verificación de piezas que se envía a Almacén productos Terminados.
5. Registrar las no Conformidades.
6. Realizar inspecciones a empresas proveedoras de MEPSA (Terceros).
7. Participación en Capacitaciones que la empresa requiera.
8. Examinar todas las muestras de proyectos nuevos.
9. Verificar los ensambles y pre ensambles de los forros de molino SAG y de las demás piezas.
10. Velar por el cumplimiento de las normas de seguridad, sobre todo en los ambientes de alto riesgo.
11. Registrar las actividades de control realizadas, con el objetivo de evidenciar los resultados y poder elaborar informes de calidad.
12. Limpieza y orden en el área.

3.1.2. Organización de la Empresa

MEPSA es una empresa dedicada a la fabricación de piezas para la industria de la minería, azucarera y cementera, su inicio fue desde 1964 convirtiéndose en la primera fundición de hierro y acero de gran magnitud en el Perú y hoy con más de 50 años de experiencia, se ha posicionado en el mercado como líder en el rubro metalúrgico, exportando acero para múltiples industrias y fabricantes de equipos originales (Original Equipment Manufacturer (OEM)) en todo el mundo.

3.1.2.1. Organigrama General

Para mayor detalle (Ver Anexo 6).

3.1.2.2. Organigrama del Área de Calidad

Para mayor detalle (Ver Anexo 7).

3.1.2.3. Mapa de Procesos

Para mayor detalle (Ver Anexo 8).

3.1.3. Clientes

A continuación, los clientes más representativos de la empresa MEPSA:

Antamina	Barrick	Cerro Verde
Chinalco	Yanacocha	Foster Wheeler
Codelco	First Quantum	Cori Puno
Southern Copper	Doe Run Perú	Antapacay
Hierro Shougang	Flsmidth	Outotec
Riley Power	Gold Fields	Hudbay
Marsa	Volcán	Tega
Metso	Thyssenkrupp	Cia Minera Condestable

Figura 18. Clientes más representativos de la empresa MEPSA

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 18**, se detalla los clientes más representativos de la empresa MEPSA, actualmente se viene realizando proyectos de fabricación de forros para Antamina, Hudbay, Cerro Verde, Tega, Metso, Yanacocha y Flsmidth.

3.1.4. Productos

Hay dos líneas de producción: Piezas de acero y bolas laminadas.

Piezas de Acero

La creciente demanda del mercado mundial los ha motivado a invertir más de US\$30 millones en los últimos años para ampliar la capacidad de producción a 12.000 toneladas anuales de piezas de desgaste y estructurales de gran tonelaje. Entre las piezas que se producen son:

1. Forros SAG (Shell Liner)
2. Parrillas SAG
3. Caja de bomba
4. Impulsores
5. Segmentos
6. Muelas para chancadora
7. Conos
8. Suction Liner

Bolas Laminadas

La empresa MEPSA suministra al sector minero 10,000 toneladas anuales de bolas laminadas para remolienda desde 1” hasta 1.5”. Estas bolas son fabricadas con barras de acero de máxima calidad en equipos de última generación.

3.1.5. Descripción del Proceso Productivo del Forro para Molino SAG

A continuación, el diagrama del proceso de fabricación de los forros para molino SAG:

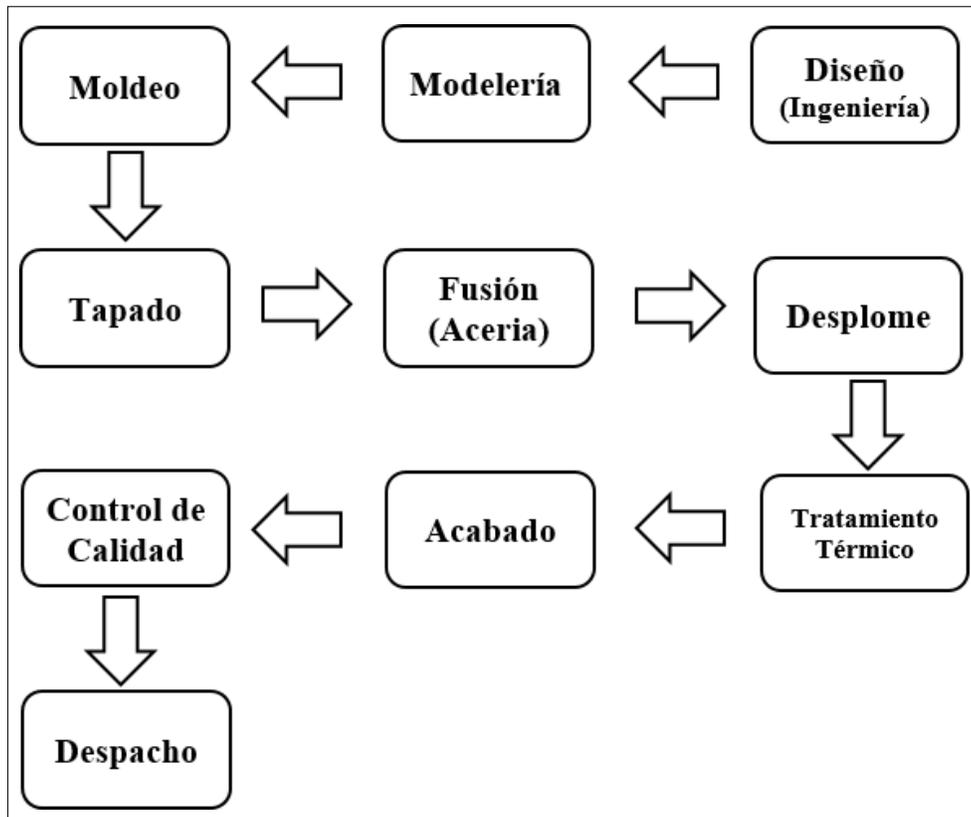


Figura 19. Proceso de Fabricación de los Forros de Molino SAG

Fuente: Elaboración propia.

En la **figura 19**, se observa el proceso de fabricación de los forros para molino SAG a continuación de describe cada proceso:

Diseño

Es desarrollado por parte del área de ingeniería el cual usan los programas para el desarrollo de tecnología de punta mediante el uso de softwares CAD/CAE.

Modelaría

En esta parte del proceso se dedican a la fabricación de los modelos, cajas de almas y plantillas de cada código, equipados con una gama moderna de tecnología el cual favorece para el tiempo de fabricación.

Moldeo

Se cuenta con un sistema automatizado para el moldeo con una mezcladora continua que facilitan la elaboración de los moldes, utilizando para ello arena virgen de sílice y arena reprocesada para el relleno, mediante una mezcla de resina fenólica y catalizador con un tiempo de fraguado de 30 minutos. Así mismo para el pintado de los moldes se controla la densidad que oscila de 50 a 70 g/cm³ y se realiza con un sistema a chorro y posterior a dispersión para proteger los moldes y resistir las altas temperaturas de fusión de la colada, todo ello antes de pasar al proceso de tapado.

Tapado

En este proceso se realiza el tapado de los moldes, asegurando cada uno, mediante ganchos, soldadura y peso encima de los moldes para poder compensar la presión metalostática que ejercerá al momento del vaciado del metal líquido en los moldes.

Fusión (Acería)

Este proceso se realiza en el área de acería, la chatarra y los ferroaleantes se fusionan para formar la aleación del acero en el horno de arco eléctrico y hornos de inducción a altas temperaturas para la transformación del metal en estado líquido. Luego de la fusión del metal se procede a vaciar el metal líquido en los moldes; previamente preparadas para la colada.

Desplome

Posteriormente al vaciado del metal líquido, los moldes permanecen en su lugar para el enfriamiento de los moldes, esto va depender del tamaño de la pieza y de la aleación. Para el caso presente se va esperar enfriar un promedio de 7 días, para luego desplomarse y sacar las piezas de los moldes, utilizando un martillo neumático se impacta directamente a una

determinada presión de aire, para retirar los alimentadores o risuellos de las piezas. Luego de eso realizar la limpieza para retirar las rebabas y el exceso de la arena que quedó de los moldes.

Tratamiento térmico

Se realiza posterior al desplome se disponen 8 hornos a gas para ello, acomodados según el tamaño y la forma para no tener problemas de distorsión al momento del calentamiento.

El nombre del tratamiento el cual se realiza a los forros del molino SAG son en primera instancia el normalizado y luego posteriormente el revenido. El ciclo de calentamiento va depender del espesor de la pieza a ser tratado para el caso de los forros se va a disponer según la hoja de ruta.

Acabado

Se realiza luego del tratamiento térmico, la operación que se realiza es el desbastado de los excesos de risuellos, arena, rebabas, escamas etc., así mismo la limpieza de los agujeros donde van los pernos, zona de trabajo y ensamble, plantillado del perímetro, plantillado de las orejas y la pasa no pasa para controlar el ancho de la pieza.

Control de Calidad

En esta etapa del proceso se desarrolla la aplicación de los ensayos no destructivos (END) en la inspección tales como:

1. Método de inspección visual (VT).
2. Método de partículas magnéticas (MT).
3. Método de ultrasonido (UT).

Despacho

Última etapa del proceso en el cual las piezas son pintadas embaladas, enzunchadas, para su distribución y comercialización. Con su guía según manda la orden de compra.

3.1.6. Breve Reseña de la Fabricación de los Forros de Molino SAG Cromo Molibdeno

La orden de compra para ejecutar el proyecto de la fabricación de los forros para molino SAG ingresó el 02/12/19, con entregas parciales del 13/03/20 y la última entrega 20/04/20. 15 días hábiles se demoró en realizar la fabricación de los modelos. La primera muestra se fundió el 26/12/19 y la última muestra se fundió el 17/01/20 en total eran 4 prototipos de códigos diferentes.

Las inspecciones con la aplicación de los END de los forros para molino SAG se fueron ejecutando durante los meses de enero, febrero, marzo, abril, mayo y junio del 2020 se retrasó la entrega del pedido por el motivo de la pandemia Covid-19 por el tema de la cuarentena, llegando a entregar el pedido para el almacén de piezas terminadas (APT) el mes de julio y el mes de agosto se despachó

3.1.7. Inspecciones Forros de Molino SAG Cromo Molibdeno

Las inspecciones internas son programas de acuerdo al avance de la producción. En el caso que se encuentre alguna indicación relevante dentro del proceso de inspección se emite su Reporte de No Conformidad (RNC), para mayor detalle ver formato (**Anexo 9**) y es enviado para su disposición ya sea rechazado o reprocesado. Las inspecciones externas se dan con el cliente y es quien libera los forros para su despacho, para ello se procede a inspeccionar un porcentaje de toda la producción total.

Tabla 1

Porcentaje de Inspección Interna de los Forros para Molino SAG

Ítem	Forro Tipo	Cantidad (und.)	Método Inspección Visual (VT)	Método Partículas Magnéticas (MT)	Método Ultrasonido (UT)
1	Forro tipo 1 (100203001)	56	100%	100%	40%
2	Forro tipo 2 (100203101)	56	100%	100%	40%
3	Forro tipo 3 (100203201)	56	100%	100%	40%
4	Forro tipo 4 (100203301)	56	100%	100%	40%

Nota. Se detalla las cantidades y los porcentajes de la inspección externa.

Fuente: (MEPSA)

Según la **tabla 1**, se observa el método y el porcentaje de inspección interna para cada tipo de forro para molino SAG, así mismo se detalla las cantidades de cada uno de ellos.

Tabla 2

Porcentaje de Inspección Externa de los Forros para Molino SAG

Ítem	Código Pieza	Cantidad (und.)	Método de Inspección Visual (VT)	Método de Partículas Magnéticas (MT)	Método Ultrasonido (UT)
1	Forro tipo 1 (100203001)	56	100%	40%	40%
2	Forro tipo 2 (100203101)	56	100%	40%	40%
3	Forro tipo 3 (100203201)	56	100%	40%	40%
4	Forro tipo 4 (100203301)	56	100%	40%	40%

Nota. se detalla las cantidades y los porcentajes de la inspección externa.

Fuente: Elaboración propia (MEPSA)

Según la **tabla 2**, se observa el método y el porcentaje de inspección externa para cada tipo de forro para molino SAG, así mismo se detalla las cantidades de cada uno de ellos.

3.2. Desarrollo de los Procedimientos de la Aplicación de los END

Antes de iniciar con la fabricación de los forros para molino SAG, se empezó previamente con la revisión de todos los protocolos administrativos, donde se detallaron los aspectos tales como: comercialización, especificaciones técnicas y orden de compra. Cada área es responsable del protocolo asignado para la elaboración de los forros para molino SAG, realizando las actividades de acuerdo al proceso que toca ejecutar.

Para la fabricación de los forros se realizó un prototipo para su inspección general y posteriormente una vez aprobado el prototipo se comenzó con la producción de acuerdo al pedido estipulado en la orden de compra.

Tabla 3

Información General de los Forros para Molino SAG

Ítem	Pedido	Descripción	Familia	Forro Tipo (Código) MEPSA	Peso Unit. (Kg)	Ton.	Aleación MEPSA
1	56	Fe Shell Liner High	Forros SAG	Forro tipo 1 (100203001)	3928	219.97	AC-4H
2	56	Fe Shell Liner Low	Forros SAG	Forro tipo 2 (100203101)	3105	173.88	AC-4H
3	56	De Shell Liner High	Forros SAG	Forro tipo 3 (100203201)	3193	178.81	AC-4H
4	56	De Shell Liner Low	Forros SAG	Forro tipo 4 (100203301)	2568	143.81	AC-4H
Tonelaje Total						716.47	

Nota. Elaboración Propia

Fuente: (MEPSA)

Según la **Tabla 3**, se observa la cantidad de forros para cada tipo, así también la descripción de cada uno, el código del forro, el peso y la aleación.

3.2.1. Procedimiento por el Método de Inspección Visual

3.2.1.1. Objetivo del Procedimiento

Establecer los criterios y niveles de aceptación según la norma ASTM A-802 en la inspección visual de los forros para molino SAG realizados en la empresa MEPSA.

3.2.1.2. Alcance del Procedimiento

Aplica a la detección de indicaciones relevantes superficiales de los forros para molino SAG.

El propósito es cumplir con las especificaciones establecidas por MEPSA y el cliente.

3.2.1.3. Normas

Para la inspección de forros para molino SAG, se utilizaron las siguientes normas:

1. SNT – TC – 1A Práctica Recomendada, Calificación y Certificación de Personal en ensayos no destructivos.
2. ASTM A-802 Práctica estándar para Fundiciones de acero, estándares de aceptación de superficies, Examen visual.

3.2.1.4. Personal Calificado

El personal estuvo capacitado y calificado en cada método aplicable de ensayos no destructivos como Nivel I y solo los Niveles II o Niveles III en el método podían emitir evaluación de la condición de las inspecciones efectuadas y debió demostrar el entendimiento en el método afín a la inspección que se están efectuando.

3.2.1.5. Herramientas

Para el desarrollo de la inspección se va utilizar las siguientes herramientas: 1) linterna, 2) galgas, 3) lupas y 4) scratas de comparación.

3.2.1.6. Condición Superficial del Forros para Molino SAG

Los forros para molino SAG, deben estar limpios, libres de imperfecciones y escamas de tratamiento térmico que podrían ocultar alguna indicación relevante en la inspección.



Figura 20. Vista panorámica de la zona de ensamble forro para molino SAG

Fuente: (MEPSA)

Según la **figura 20**, se observa el forro para molino SAG listo para su inspección, limpia libre de imperfecciones y escamas de tratamiento térmico, en el caso de que se encuentre imperfecciones y escamas se retornó al área de acabados para darle el acabado superficial como corresponde. De la misma manera se realiza para todos los forros para molino SAG.

3.2.1.7. Características de Superficie Según ASTM A-802

- A.** Textura de la superficie: La superficie natural de la fundición después del granallado.
- B.** Inclusiones no metálicas: Material no metálico atrapado en la superficie de las piezas fundidas.
- C.** Porosidad del gas: Indicaciones de gas en la superficie de la carcasa.
- D.** Discontinuidades de fusión: Irregularidades de la superficie que dan una apariencia arrugada.
- E.** Discontinuidades de expansión: Irregularidades superficiales ligeramente elevadas.
- F.** Inserciones: Indicaciones de guirnaldas (soportes de núcleo de arena) o escalofríos internos.
- G.** Marcas de eliminación de metal (apósito térmico): Superficie restante después de usar procesos de arco de gas oxigenado o aire-carbono para la eliminación de metal.
- H.** Marcas de eliminación de metal (apósito mecánico): Superficie que queda después de usar un medio mecánico para recubrir una superficie fundida o una superficie previamente vestida térmicamente.
- J.** Marcas de eliminación de metal (soldaduras): Indicaciones de soldaduras total o parcialmente eliminadas por apósito térmico o mecánico.

3.2.1.8. Evaluación de la calidad de la superficie Según ASTM A-802

1. Las áreas de fundición que deben tener calidad de superficie controlada deben indicarse claramente en el dibujo en las etapas de consulta y pedido. Se indicará la categoría y el nivel de calidad.
2. Se debe indicar la etapa de fabricación en la que se evaluarán las superficies. Normalmente, y si no se indica lo contrario en el pedido, las comparaciones de calidad de la superficie se llevarán a cabo en la fundición terminada.

3. Para evaluar las superficies de fundición, las áreas indicadas en el dibujo se compararon, sin ayudas ópticas, con los comparadores de réplica apropiados en función de la categoría y el nivel de calidad.
4. La comparación de los comparadores con la superficie de fundición se realizará con los comparadores mantenidos junto a la fundición en buenas condiciones de iluminación.
5. Cuando dos o más categorías de superficie están presentes en cualquier área controlada, cada una se evaluará de acuerdo con su propio nivel de calidad.
6. La evaluación será satisfactoria si, en el área requerida, la condición de la superficie de la fundición corresponde a la de los comparadores de referencia establecidos, o si generalmente corresponde a un nivel de calidad más alto.
7. Se reconoce que pueden surgir dificultades al evaluar superficies de piezas fundidas que cubren una amplia gama de tamaños y grosores de sección utilizando los comparadores estándar, que miden 150x100mm. Sin embargo, se enfatiza que no se pretende que las áreas de la fundición se dividan en áreas de comparación equivalentes y se hagan evaluaciones para cada área.

Es importante que los comparadores siempre se almacenen en la caja provista, ya que la exposición prolongada a la luz solar o la luz ultravioleta provocará una decoloración del color. Para una inspección visual se procede con los comparadores para la definición de calidad superficial de fundición de hierro y acero.

3.2.1.9. Desarrollo del Método de Inspección Visual de los Forros para Molino SAG

El ensayo se realizará de la siguiente manera:

1. Disponer de las scratas de comparación de la norma ASTM A-802. Para mayor detalle (Ver **Anexo 10**).
2. Delimitar las áreas de las indicaciones detectadas por el método de inspección visual de los forros para molino SAG.

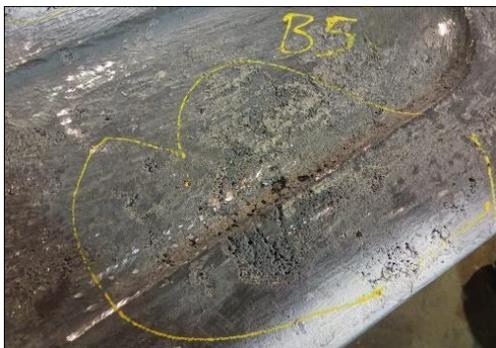


Figura 21. Delimitación de las indicaciones detectadas

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 21**, se puede observar la delimitación de una indicación relevante en este caso es el defecto de inclusión no metálica (B5) nivel de calidad IV, en la cara de ensamble del forro para molino SAG.

3. Comparar con las scratas las indicaciones detectadas y categorizar el nivel de calidad que presentan cada una de ellas según criterios de aceptación de la inspección visual de la norma ASTM A-802, para mayor detalle (ver **Anexo 11**).



Figura 22. Inclusión no metálica (B5)

Fuente: (MEPSA)



Figura 23. Scrata de comparación (B5) según norma ASTM A-802.

Fuente : (MEPSA)

En la **figura 22**, del lado izquierdo se puede observar la indicación relevante (defecto) detectado mediante el método de inspección visual inclusión no metálica (B5) nivel de calidad IV y se compara con la **figura 23** del lado derecho que es la scrata de comparación (B5) de la norma ASTM A-802. De la misma manera se realizó la evaluación a todas las indicaciones detectadas para todos los forros que se detectaron las indicaciones relevantes (defectos).

4. Evaluar las indicaciones detectadas y aceptar o rechazar según nivel de aceptación de la tabla 2 de la norma ASTM A-802. Para mayor detalle (ver **Anexo 12**).
5. Disponer los forros según el nivel de aceptación anteriormente mencionados ya sea rechazo, aceptado o reproceso.
6. En el caso del reproceso luego de haber retornado para su inspección evaluar según el paso N°3.

Registrar

Registrar todas las indicaciones relevantes (defectos) en IPZ-FOR-007 formato de reporte de inspección visual. Para mayor detalle (Ver **Anexo 13**), y aquellas localizadas en zonas críticas de acuerdo a especificaciones de MEPSA y del cliente.

Documentos a Consultar

1. Norma de Referencia ASTM A-802.

Registros

1. IPZ-FOR-007 Reporte de Inspección Visual. Para mayor detalle ver formato. (**Anexo 13**).

Resultados de la inspección de los Forros de Molino SAG

En las siguientes imágenes se observa las indicaciones relevantes encontradas en los forros de molino SAG.

Forro Tipo 1 (100203001) (Fe Shell Liner High) N° 1



Figura 24. Inclusión no metálica (B5) nivel IV zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)

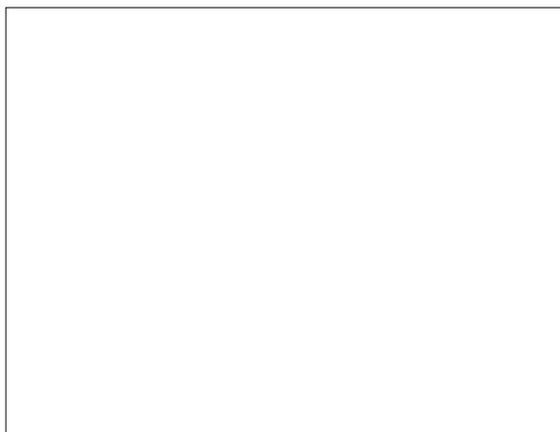


Figura 25. Porosidad (C4) nivel IV zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 24**, se observa indicación relevante inclusión no metálica (B5) nivel IV. En la **figura 25**, se observa indicación relevante porosidad (C4) nivel IV, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

Forro Tipo 1 (100203001) (Fe Shell Liner High) N° 2



Figura 26. Inclusión no metálica (B4) nivel III zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)



Figura 27. Porosidad (C3) nivel III zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 26**, se observa indicación relevante inclusión no metálica (B4) nivel III. En la **figura 27**, se observa indicación relevante porosidad (C3) nivel III, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

Forro Tipo 1 (100203001) (Fe Shell Liner High) N° 3

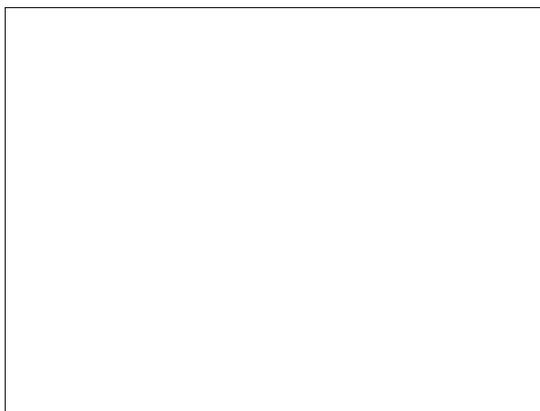


Figura 28. Inclusión no metálica (B4) Nivel III zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)

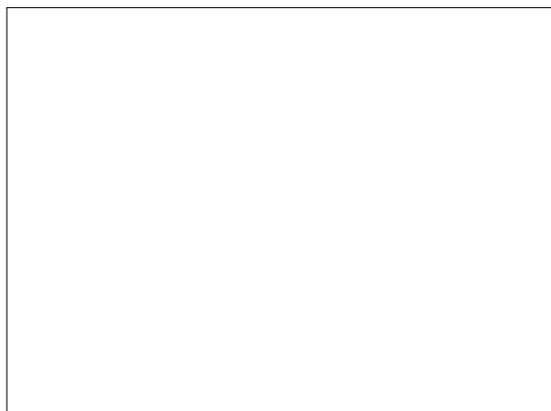


Figura 29. Porosidad (C3) nivel III zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 28**, se observa indicación relevante inclusión no metálica (B4) nivel III. En la **figura 29** se observa indicación relevante porosidad (C3) nivel III, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

Forro Tipo 1 (100203001) (Fe Shell Liner High) N° 50



Figura 30. Inclusión no metálica (B4) nivel III zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 30**, se observa indicación relevante inclusión no metálica (B4) nivel III, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

Forro Tipo 2 (100203101) (Fe Shell Liner Low) N°1



Figura 31. Inclusión no metálica (B4) nivel III zona de ensamblaje

Fuente: (MEPSA)



Figura 32. Porosidad (C3) nivel III zona de ensamblaje

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 31**, se observa indicación relevante inclusión no metálica (B4) nivel III. En la **figura 32**, se observa indicación relevante porosidad (C3) nivel III, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

Forro Tipo 2 (100203101) (Fe Shell Liner Low) N°2

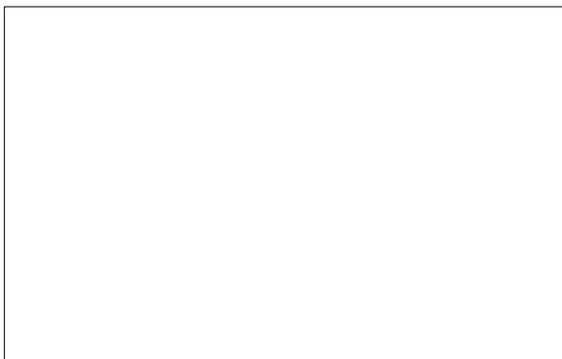


Figura 33. Inclusión no metálica (B4) nivel III zona de ensamblaje

Fuente: (MEPSA)



Figura 34. Porosidad (C3) nivel III zona de ensamblaje

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 33**, se observa indicación relevante inclusión no metálica (B4) nivel III. En la **figura 34**, se observa indicación relevante porosidad (C3) nivel III, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

Forro Tipo 3 (100203201) (De Shell Liner High) N° 1

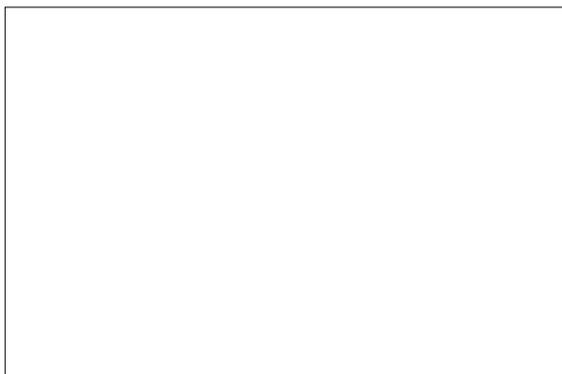


Figura 35. Inclusión no metálica (B5) nivel IV zona de ensamblaje

Fuente: (MEPSA)

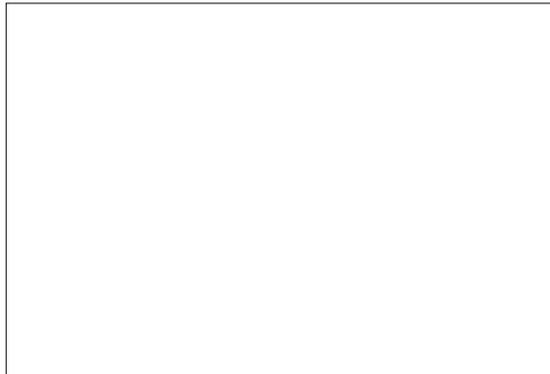


Figura 36. Porosidad (C4) nivel IV zona de ensamblaje

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 35**, se observa indicación relevante inclusión no metálica (B5) nivel IV. En la **figura 36**, se observa indicación relevante porosidad (C4) nivel IV, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

Forro Tipo 3 (100203201) (De Shell Liner High) N° 2

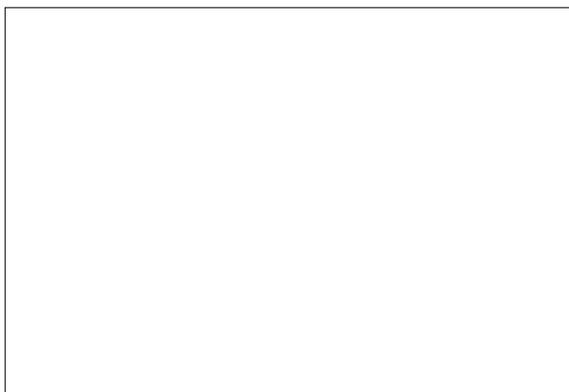


Figura 37. Inclusión no metálica (B5) nivel IV zona de ensamblaje

Fuente: (MEPSA)



Figura 38. Porosidad (C4) nivel IV zona de ensamblaje

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 37**, se observa indicación relevante inclusión no metálica (B5) nivel IV. En la **figura 38**, se observa indicación relevante porosidad (C4) nivel IV, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

Forro Tipo 3 (100203201) (De Shell Liner High) N° 34



Figura 39. Inclusión no metálica (B4) nivel III zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)



Figura 40. Porosidad (C3) nivel III zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 39**, se observa indicación relevante inclusión no metálica (B4) nivel III. En la **figura 40**, se observa indicación relevante porosidad (C3) nivel III, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

Forro Tipo 3 (100203201) (De Shell Liner High) N° 39



Figura 41. Textura superficial (rotura de molde) (A3) nivel III zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 41**, se observa indicación relevante textura superficial (rotura de molde) (A3) nivel III, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

Forro Tipo 4 (100203301) (De Shell Liner Low) N°1



Figura 42. Inclusión no metálica (B5) nivel IV zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)

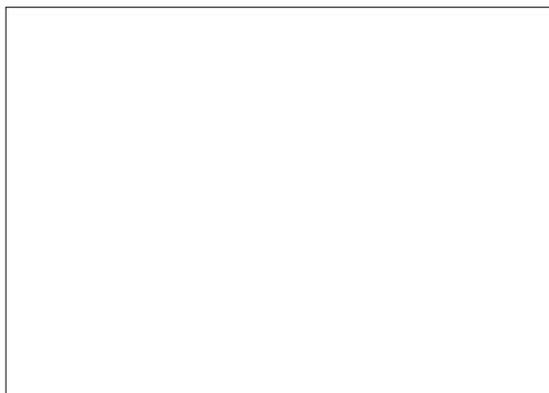


Figura 43. Porosidad (C4) nivel IV zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 42**, se observa indicación relevante inclusión no metálica (B5) nivel IV, en la **figura 43**, se observa indicación relevante porosidad (C4) nivel IV, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

Forro Tipo 4 (100203301) (De Shell Liner Low) N°2



Figura 44. Inclusión no metálica (B5) nivel IV zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)



Figura 45. Porosidad (C4) nivel IV zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 44**, se observa indicación relevante inclusión no metálica (B5) nivel IV, en la **figura 45**, se observa indicación relevante porosidad (C4) nivel IV, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

Forro Tipo 4 (100203301) (De Shell Liner Low) N°45



Figura 46. Inclusión no metálica (B4) nivel III zona de ensamble

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 46**, se observa indicación relevante inclusión no metálica (B4) nivel III, detectado, comparado y evaluado según la norma ASTM A-802.

3.2.2. Procedimiento por el Método de Partículas Magnéticas

3.2.2.1. Objetivo del Procedimiento

Detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales de los forros para molino SAG en la inspección por el método de partículas magnéticas.

3.2.2.2. Alcance del Procedimiento

Aplica a la detección de discontinuidades superficiales y subsuperficiales de los forros para molino SAG.

3.2.2.3. Términos y Definiciones

1. **Campo Magnético:** Conjunto de líneas de fuerza dentro o fuera de la pieza magnetizada.
2. **Yugos Electromagnéticos:** Electromagneto que consiste de una bobina alrededor de un alma de hierro en forma de “U”. (Ver **figura 47**).



Figura 47. Yugo Electromagnético

Fuente: (MEPSA)

3. **Inducción Directa:** La corriente magnetizante fluye directamente a través de los cuales la corriente para directamente a la pieza o a una parte local de esta.
4. **Inducción Indirecta:** Magnetización de una pieza sin contacto eléctrico directo.
5. **Magnetización Longitudinal:** Campo magnético donde las líneas de fuerza cruzan la pieza en una dirección esencialmente paralela a su eje longitudinal.

6. **Campo de Fuga:** Campo magnético que sale o entra a la superficie de la pieza como resultado de una discontinuidad o un cambio de sección.
7. **Indicaciones:** Acumulación de partículas magnéticas en los campos de fuga. Estas acumulaciones muestran la distorsión del campo magnético.
8. **Indicación no Relevante:** Es aquella producida por la configuración de la pieza.
9. **Indicación Relevante:** Es toda indicación de longitud igual o mayor a 1/16” (1.6 mm).
(Ver figura 48)



Figura 48. Indicación relevante fisura en agujero longitud 40mm

Fuente:(MEPSA)

10. **Indicación Falsa:** Es aquella que aparece durante la inspección y que puede ser producida por una mala aplicación del método o por contaminación de la superficie.

11. Patrón de Calibración: Es una masa sólida, pesa 11 Lb (5Kg). (Ver **figura 49**).



Figura 49. Patrón de calibración según la Norma ASTM E-709

Fuente: (MEPSA)

3.2.2.4. Normas

1. SNT – TC – 1A Práctica Recomendada, Calificación y Certificación de Personal en ensayos no destructivos.
2. ASTM E-709 Guía estándar para el examen por partículas magnéticas.
3. ASTM A-903 Especificación estándar para Piezas de fundición de acero, normas de aceptación de superficies, inspección de partículas magnéticas y penetrantes líquidos

3.2.2.5. Personal Calificado

El personal estuvo capacitado y calificado en cada método aplicable de ensayos no destructivos como Nivel I y solo los Niveles II o Niveles III en el método podían emitir evaluación de la condición de las inspecciones efectuadas y debió demostrar el entendimiento en el método afín a la inspección que se están efectuando.

3.2.2.6. Equipos y Materiales

Son usados los siguientes equipos:

1. **Yugos electromagnéticos:** se debe usar para detección de discontinuidades superficiales y subsuperficiales y de fácil acceso a la pieza.

2. Partículas secas: Se usan para zonas no maquinadas, ásperas, rugosas, radios cambios de sección, entradas risuellos, zonas reparadas y/o según requerimiento del cliente.

3.2.2.7. Temperatura

Verificar la temperatura de la pieza, utilizando el pirómetro óptico, para las partículas secas la temperatura no debe exceder de 280-300 °C.

3.2.2.8. Calibración

La frecuencia de verificación del equipo yugo electromagnético, se realizará cada mes el ensayo de la fuerza de izado del yugo. Se debe magnetizar el yugo con la masa de acero (patrón de calibración) y realizar el izado. Para mayor detalle (ver **figura 50**).



Figura 50. Calibración ensayo de la fuerza de izado del yugo magnético

Fuente: (MEPSA)

3.2.2.9. Condición Superficial del Forro para molino SAG

Las zonas del área a examinar y las zonas adyacentes, deben estar libres de polvo, óxido salpicaduras, grasa, pintura, películas de aceite, escamas o de cualquier material que pueda cubrir las zonas a inspeccionar.

Para realizar una inspección exhaustiva, primero se tiene que hacer es limpiar la pieza de tal manera que las escamas, rebabas, o cualquier otra protuberancia que presenta en la superficie de la pieza debe ser eliminada, para que al momento de realizar la magnetización no haya algunas indicaciones falsas, el cual puede alterar la inspección señalando zonas que no son relevantes para el proceso de inspección por partículas magnéticas secas. De no estar en las condiciones antes mencionadas se debe regresar la pieza al área de acabado para su limpieza.



Figura 51. Limpieza de la zona de trabajo del forro de molino SAG
Fuente: (MEPSA)

En la **figura 51**, se observa la limpieza del forro por parte del operario del área de acabados para posteriormente realizar los ensayos mediante el método de partículas magnéticas.

3.2.2.10. Desarrollo de la Inspección Mediante el Método de Partículas Magnéticas

El ensayo se realizará de la siguiente manera:

1. Conectar el equipo magnetizante (yugo) a una fuente de corriente eléctrica.
2. Seleccionar en el equipo magnetizante, el tipo de corriente a utilizar:
 - A. Corriente continua: usada para la detección de discontinuidades subsuperficiales.

- B. Corriente alterna: usada para la detección de discontinuidades superficiales o cercanas a la superficie.
3. Magnetizar la zona a inspeccionar, colocando el yugo electromagnético en la superficie del forro, manteniendo un solo sentido o dirección. (ver **figura 52**)



Figura 52. Posición de magnetizar el yugo magnético

Fuente: (MEPSA)

4. Colocar las partículas magnéticas secas sobre la zona magnetizada, es polvear las partículas en la zona a inspeccionar. (ver **figura 53**).



Figura 53. Zona magnetizada la cara de ensamble

Fuente: (MEPSA)

5. De encontrarse algún campo de fuga, magnetizar nuevamente y colocar las partículas magnéticas y eliminar el exceso de la superficie.
6. Cuando la pieza está en la posición adecuada, se realiza el proceso de magnetización en forma de cruz con el yugo magnético, y con el salero rociar las partículas en la zona magnetizada, esa misma operación se realiza al 100% de la muestra o prototipo, y a la producción solo se realiza las zonas críticas de inspección como son: los agujeros, risuellos, radios y canales de entrada.



Figura 54. Vista de la zona de trabajo realizando el método de las partículas magnéticas

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 54**, se observa la magnetización de la pieza el cual debe ser continua y sin interrupciones, una mala magnetización puede ocasionar que las indicaciones relevantes no se resaltan, para ello cada vez que se procede con la magnetización, se debe de realizar en forma de cruz, y el rociado de las partículas también deben ser paralelo a la magnetización. De vez en cuando cada vez que rocía las partículas y haya acumulación se debe retirar el excedente, para limpiar la zona y ver si hay o no indicación.

7. De encontrarse alguna indicación que sea relevante se procede a evaluar según los Criterios de aceptación de inspección de superficie Indicación Tamaño tabla 1 de la norma ASTM A-903. Para mayor detalle ver capítulo de resultados (**tabla 16**).



Figura 55. Indicación relevante fisura en zona de trabajo del forro

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 55**, se observa indicación relevante fisura en zona de trabajo del forro, son tres fisuras discontinuas que mide 9, 5 y 8 mm según norma ASTM A-903 estarían en el nivel IV, III y IV respectivamente, el cual se procede a reprocesar para su descarte.

8. Si la indicación relevante se detecta en el agujero el forro será rechazado automáticamente debido a que es zona crítica por ser concentrador de esfuerzos. (ver **figura 56**).



Figura 56. Indicación relevante fisura en agujero del forro

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 56**, se observa en el agujero del forro la indicación relevante fisura de 30 mm aproximadamente el cual es rechazado automáticamente, debido que es una zona crítica por ende no se procede a ningún descarte.

9. En caso de detectarse indicaciones relevantes fisuras en diferentes zonas que no sea el agujero se procede con el descarte. Significa que será reprocesado para eliminar las fisuras.
10. Reprocesar las indicaciones relevantes fisuras hasta llegar a eliminar por completo, si persiste la fisura del tamaño igual o mayor a 1.6 mm de longitud y la remoción del material mayor al 10% del espesor del forro entonces será rechazado, caso contrario será aceptado, como indica las especificaciones de MEPSA.

3.2.2.11. Inspección de las Indicaciones

Realizar la inspección de las indicaciones obtenidas de acuerdo a:

1. Partículas secas: utilizar luz blanca (natural o artificial), la cual debe tener una intensidad mínima de 1000 lux (100 fc).
2. Validar las indicaciones obtenidas, clasificándolas en relevantes, no relevantes o falsas según norma ASTM E-903.
3. Dimensionar las indicaciones obtenidas.
4. Marcar las indicaciones relevantes, para su descarte por parte de acabados.
5. Toda indicación que sea confusa, poca definida o exista duda debería ser re-inspeccionada.

3.2.2.12. Desmagnetización

Inducir campo magnético en sentido contrario.

3.2.2.13. Registrar

Registrar todas las indicaciones relevantes iguales o mayores a 1.6 mm o aquellas localizadas en zonas críticas de acuerdo a especificaciones del cliente, IPZ-FOR-003 Reporte de partículas magnéticas.

3.2.2.14. Documentos a Consultar

1. Norma de Referencia ASTM E-709.
2. Norma de Referencia ASTM A-903

3.2.2.15. Registros

1. IPZ-FOR-003 Formato de reporte de partículas magnéticas. Para mayor detalle (Ver **Anexo 14**).

3.2.2.16. Resultados de la Inspección Mediante el Método de Partículas Magnéticas

En las siguientes imágenes se observa las indicaciones relevantes (fisura) detectadas mediante el método de partículas magnéticas en los forros para molino SAG.

Forro Tipo 1 (100203001) (Fe Shell Liner High)



Figura 57. Forro N°1 Indicación relevante nivel V fisura 40 mm de longitud

Fuente: (MEPSA)



Figura 58. Forro N°2 Indicación relevante Nivel III fisura 6 mm de longitud

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 57**, se observa el forro N°1 presenta indicación relevante nivel V fisura 40 mm de longitud el cual fue rechazado y en la **figura 58** se observa el forro N°2 presenta indicación relevante nivel III fisura 6 mm de longitud el cual fue reprocesado, evaluados según la tabla 1 de la norma ASTM A-903.



Figura 59. Forro N°4 Indicación relevante nivel V fisura 40 mm de longitud

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 59**, se observa el forro N°4 presenta indicación relevante nivel V fisura 50 mm de longitud, el cual fue rechazado, evaluado según la tabla 1 de la norma ASTM A-903.

Forro Tipo 2 (100203101) (Fe Shell Liner Low)



Figura 60. Forro N°1 Indicación relevante nivel III fisura 5 mm de longitud

Fuente: (MEPSA)

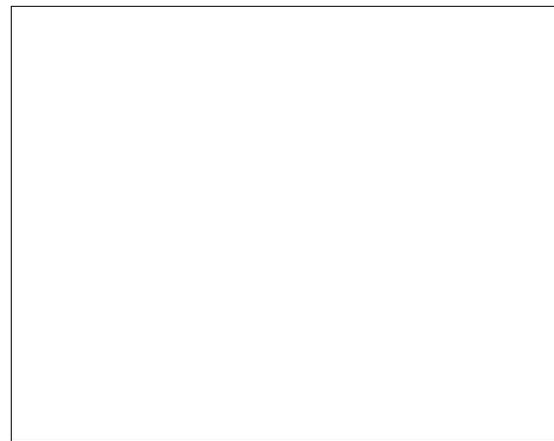


Figura 61. Forro N°2 Indicación relevante nivel III fisura 6 mm de longitud.

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 60**, se observa el forro N°1 presenta indicación relevante nivel III fisura 5 mm de longitud el cual fue reprocesado y en la **figura 61** se observa el forro N°2 presenta indicación relevante nivel III fisura 6 mm de longitud el cual fue reprocesado, evaluados según la norma ASTM A-903.

Forro Tipo 3 (100203201) (De Shell Liner High)



Figura 62. Forro N°1 Indicación Relevante Nivel V Fisura en Agujero 30 mm de Longitud
Fuente: (MEPSA)



Figura 63. Forro N°2 Indicación Relevante Nivel V Fisura 20 mm de Longitud
Fuente: (MEPSA)

En la **figura 62**, se observa el forro N°1 presenta indicación relevante nivel V fisura en agujero 30 mm de longitud el cual fue rechazado y en la **figura 63** se observa el forro N°2 presenta indicación relevante nivel V fisura 20 mm de longitud el cual fue rechazado, evaluados según la norma ASTM A-903.



Figura 64. Forro N° 5 Indicación relevante nivel IV fisura 8 mm de longitud
Fuente: (MEPSA)

En la **figura 64**, se observa el forro N°5 presenta indicación relevante nivel IV fisura 8 mm de longitud el cual fue reprocesado, evaluados según la tabla 1 de la norma ASTM A-903.



Figura 65. Forro N°2 Indicación relevante nivel V fisura 145 mm de longitud

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 65**, se observa el forro N°2 presenta indicación relevante nivel V fisura 145 mm de longitud el cual fue rechazado, evaluados según la tabla 1 de la norma ASTM A-903.

3.2.3. Procedimiento por el Método de Ultrasonido

3.2.3.1. Objetivo del Procedimiento

Detección de discontinuidades internas tales como: Rechupes, fisuras, poros e inclusiones, de los forros para molino SAG, mediante el método de ensayo de ultrasonido con la técnica de ultrasonido convencional.

3.2.3.2. Alcance del Procedimiento

1. El propósito de este procedimiento es describir métodos y técnicas para realizar inspección con ultrasonido en los forros para molino SAG.
2. La inspección fue realizada empleando la metodología dada en la norma ASTM A-609, y estándares de aceptación según tabla 02. Para mayor detalle (Ver **Anexo 15**).

3.2.3.3. Referencias

1. ASTM A-609 Práctica estándar para Piezas fundidas, acero al carbono, de baja aleación de Acero inoxidable Martensíticos, examen ultrasónico de los mismos.
2. SNT-TC-1A Práctica Recomendada, Calificación y Certificación de personal en ensayos no destructivos.

3.2.3.4. Personal

Los operadores serán entrenados y calificados de acuerdo con los requisitos de la ASNT, procedimiento SNT-TC-1A. El personal Nivel II certificado podrá realizar el trabajo, calibrar y elaborar un procedimiento. El personal certificado Nivel I bajo la supervisión de un Nivel II, también podrá ejecutar el ensayo.

3.2.3.5. Término y Definiciones

Curva DAC: Curva de referencia (Distancia – Amplitud – Corrección). (Ver **figura 66**).



Figura 66. La Curva DAC en el Equipo Sonatest

Fuente: (MEPSA)

Ganancia: Varía la altura de los ecos de manera que permite mantener la relación de amplitud ultrasonido.

Velocidad de Propagación: Velocidad sónica, velocidad de propagación de una onda, relacionada a iguales fases, por lo que también es llamada velocidad de fase.

Retardo: Regulador de la velocidad del sonido.

Transductor Longitudinal: Dispositivo electroacústica que convierte la energía eléctrica en energía acústica y viceversa.

Acoplante: Líquido o semilíquido requerido entre la cara del transductor y la superficie a examinar que permite la transmisión de las sondas sonoras del transductor hacia el material a examinar.

Equipos y Materiales

1. Equipo de Ultrasonido: Es el instrumento de marca SONATES, modelo D-5, será del tipo PULSO-ECO. (Ver **figura 67**). La pantalla mostrará Scan A.



Figura 67. Equipo sonatest modelo D-50

Fuente: (MEPSA)

2. Transductores: los transductores son capaces de transmitir y recibir ondas ultrasónicas en el material en las frecuencias y niveles de energía para la detección de discontinuidades y aplicaciones.

3.2.3.6. Preparación del Barrido Superficial

Las superficies que serán ensayadas deberán presentar condiciones adecuadas de modo que no interfieren con el resultado final del ensayo, es decir la superficie de contacto entre el transductor y la pieza debe de estar limpia y libre de rugosidades excesivas, ondulaciones, óxidos, salpicaduras de soldaduras y pinturas, etc. De no ser así se retornará la pieza a la zona de acabados.

Si fuera necesario las superficies podrán ser escobilladas, raspadas, o preparadas de alguna forma para ejecutar el ensayo. El estado de la habilitación de las superficies del ensayo debe ser indicado en los reportes de inspección por ultrasonido.

3.2.3.7. Acoplante

El acoplante será la glicerina o goma de celulosa y mezclado con agua, con una consistencia apropiada. Un agente húmedo puede ser agregado si es necesario. Para efectuar la calibración en los bloques patrones, se utiliza el mismo acoplante que se utilice durante la inspección.

3.2.3.8. Técnica Operacional del Ensayo por el Método de Ultrasonido

1. Requerimiento del Equipo de Ultrasonido

Se utilizó un instrumento ultrasónico del tipo pulso-eco. El instrumento fue capaz de operar en frecuencias sobre el rango de por lo menos 2 Mhz, 5 Mhz el cual estuvo equipado con un control de ganancia en unidades de 2 dB o menos. El control de rechazo (reject) estuvo en la posición de “off” (apagado) para todas las examinaciones, a menos que se demuestre que no afecte las linealidades de la examinación.

2. Unidades de Búsqueda (transductores)

La frecuencia nominal estuvo entre 2 Mhz y 5 Mhz a menos que las variables, tales como la estructura del grano del material, requieren el uso de otras frecuencias para asegurar la penetración adecuada o una mejor resolución. Las unidades de búsqueda con cuñas de contacto contorneadas se pueden utilizar para ayudar el acoplamiento ultrasónico.

Las técnicas descritas en este procedimiento dan por entendido que son dadas para aplicaciones donde los transductores de elementos simples o duales son usados para producir:

1. Ondas longitudinales de haz normal, a las cuales generalmente se les llaman examinaciones con haz normal.
2. Ondas longitudinales de haz angular, donde están presentes y se refractan tanto las ondas longitudinales y ondas transversales en el material bajo examinación. Cuando son utilizados para la medición de espesores, estas examinaciones se consideran generalmente como

examinaciones con haz normal. Cuando son utilizados para examinaciones de soldadura, generalmente se llaman examinaciones con haz angular.

3. Ondas de corte de haz angular, donde los ángulos incidentes en las cuñas producen solamente ondas refractadas de corte en el material bajo examinación y generalmente son llamadas con haz angular.
4. Se utilizará la técnica de contacto directo. Los materiales base y/o las soldaduras con estructuras metalúrgicas que producen atenuaciones variables pueden requerir que las ondas de haces longitudinales angulares sean utilizadas en vez de las ondas de corte.

3. Bloque de Calibración

Bloques para ajustar la sensibilidad y construir la curva de referencia, usar bloques patrón con agujero fondo plano. (Ver **figura 68**).



Figura 68. Bloques patrón con agujero fondo plano

Fuente: (MEPSA)

Tabla 4

Bloques Patrón Para Calibración

Bloque Identificación	Longitud Total (mm)	Diámetro D(mm)
16-0100	45	50
16-0300	120	50
16-0600	170	75

Nota. Se detallan los bloques de identificación para la calibración.

Fuente: Elaboración Propia

4. Acoplante

Se utilizará el mismo para la examinación y para la calibración.

5. Cuñas de Contacto

Las mismas cuñas de contacto que se utilizarán durante la examinación serán utilizadas en la calibración.

6. Temperatura

Para la examinación por el método de contacto, el diferencial de la temperatura entre el bloque de calibración y las superficies de examinación estará dentro de 14°C

7. Verificación de Equipo

Debe cumplir el mínimo requerido linealidad horizontal dentro +/- 5% y la linealidad vertical dentro de +/- 10%. Se realizará cada 6 meses la verificación de linealidad con el patrón V1.

Para la calibración del equipo debemos seguir los siguientes pasos:

Determinación del “Index Point” o Punto de Salida del Haz

Colocar el transductor sobre el patrón V1 o V2 y orientando hacia la superficie curvada de modo tal que en el equipo se obtenga una reflexión de máxima amplitud, en el patrón V1o V2 existe una marca que indica el punto en el cual se obtiene el pico de mayor amplitud, este punto será

indicativo del punto por donde está saliendo el haz desde el transductor. Este punto de salida del transductor debe marcarse con tinta para tener la referencia.

Determinación del Ángulo de Salida del Haz

El Ángulo de salida se obtiene también de estos patrones colocando el transductor en la zona graduada en ángulos y haciendo incidir una onda hacia el orificio existente en estos patrones hasta obtener la máxima amplitud posible, en ese instante contrastar con la marca del “index point” y establecer a qué ángulo le pertenece, si la variación es mayor de 2° se debe corregir la zapata o cambiar de transductor.

3.2.3.9. Calibración Para Examinación

1. Función de reject en off.
2. Posicionar el transductor en el bloque de los 3 que sea más cercano al espesor que será inspeccionado. Ajustar el control tiempo/distancia para obtener la señal de pared posterior aproximadamente pero no mayor a los $\frac{3}{4}$ ” de la línea de pantalla horizontal contada desde el punto inicial.
3. Posicionar el transductor en la superficie del bloque. Ajustar la ganancia hasta obtener el 75% FHS. Graficar una línea paralela a la línea de la pantalla horizontal desde este pico obtenido.
4. Posicionar el transductor en la superficie del mayor espesor del bloque de los 3 y ajustar el control (DA=Distancia Amplitud) hasta obtener una deflexión de pared posterior de 75%.
5. En el bloque intermedio confirmar la reflexión posterior se ubiquen en 75%FHS.
6. Considerar 25% FHS como línea de referencia para reportar discontinuidades y sus amplitudes.

3.2.3.10. Examinación

Cobertura de la Examinación

1. El volumen que se explorará será examinado moviendo el transductor sobre la superficie de exploración para explorar el volumen entero de examinación para cada transductor requerido.
2. Cada barrido del transductor traslapara un mínimo de 10% de la dimensión del transductor (elemento piezoeléctrico) paralela a la dirección de barrido.
3. La oscilación del transductor es permitida si se demuestra que la cobertura traslapada está proporcionada.

Inicio de Examinación

1. Cubrir con gel / acoplante la zona a inspeccionar.
2. Barrer uniformemente la zona a inspeccionar con un transductor normal / angular según la geometría de la pieza.



Figura 69. Barrido del forro con el equipo sonatest

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 69**, se observa el barrido con el equipo Sonatest y su respectivo transductor, en esta etapa de la inspección fue realizado por la zona de trabajo así mismo también la zona de ensamble, para empezar el barrido el equipo tiene que estar previamente calibrado.

3. Marcar las indicaciones detectadas por el equipo: Área, ancho, largo y profundidad. De acuerdo a los niveles de aceptación. (Ver **Anexo 16**).

Evaluación

No es Aceptable:

1. Cualquier indicación mayor o igual a la curva de referencia de 100%.
2. Cualquier reducción de eco de fondo de 75%.

3.2.3.11. Reportes

Los reportes se proveen en formato electrónico. Adicionalmente, copias duras impresas se pueden proveer por solicitud del cliente.

El reporte deberá incluir, la siguiente información:

1. Procedimiento empleado y número de revisión.
2. Identificación del equipo de ultrasonido empleado incluyendo fabricante y número serial.
3. Palpadores usados incluyendo fabricante, número de serie, frecuencia y tamaño.
4. Ángulos usados.
5. Acoplante empleado, incluir nombre o tipo.
6. Cable de palpadores empleados incluir zapatas, palpadores, escáner, forma de registro etc.
7. Identificación de bloque de calibración / simulación usado.
8. Datos de calibración incluyendo reflectores de referencia, amplitud de la indicación y distancia medida.
9. Imagen o registro de indicaciones detectadas o áreas limpias.

10. Zonas inaccesibles o de difícil acceso para la realización de la inspección.
11. Identificación de inspectores y nivel de calificación.
12. Fecha de calibración de equipos.

3.2.3.12. Formato de Registro

1. IPZ-FOR-004 Formato de reporte de inspección por ultrasonido. (Ver **Anexo 16**).

3.2.3.13. Resultados de la Inspección Mediante el Método de Ultrasonido

Mediante este método de ensayo de ultrasonido no se han detectado ninguna indicación relevante durante la inspección de los forros para molino SAG. Este tipo de ensayo es más complicado de realizar debido a la geometría de la pieza y también de la rugosidad del material, para realizar a cada uno de los forros se desbaste de tal manera que se tuvo que pulir para borrar las rayas que generó el desbaste. Es por ello que el ensayo solo se realiza a un porcentaje ya que involucra tiempo y costos.



Figura 70. Inspección mediante el método de ultrasonido

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 70**, se observa la forma de inspección por el método de ensayo de ultrasonido de los forros para molino SAG.



Figura 71. Resultado de la inspección en el equipo sonatest

Fuente: (MEPSA)

Según la **figura 71**, se observa en el equipo Sonatest el espesor de la pieza que es 419 mm, la amplitud está en 86.1%, la velocidad del material en 5986 m/s, ganancia de 44 db y la sonda a cero en 0.880 us, en la parte izquierda de la pantalla presentan señales pequeñas que son las señales muertas no indica nada, entre la línea roja está una línea verde es el eco de fondo que indica que si está retornando la señal al equipo y está midiendo el espesor y se observa que no hay alguna indicación que sea motivo de rechazo.

CAPÍTULO IV RESULTADOS

4.5. Resultados Descriptivos

El estado inicial del año 2019 las inspecciones de los forros de molino SAG, se realizaban de la siguiente manera:

Tabla 5

Estado inicial Año 2019 Porcentajes de Inspección Interna

Forro Tipo Código	Método de Inspección Visual (VT)	Método de Partículas Magnéticas (MT)	Método de Ultrasonido (UT)
Forro Tipo 1 (100203001)	60%	40%	20%
Forro Tipo 2 (100203101)	60%	40%	20%
Forro Tipo 3 (100203201)	60%	40%	20%
Forro Tipo 4 (100203301)	60%	40%	20%

Nota. Elaboración según información (MEPSA)

Según la **tabla 5** se observa el estado inicial del año 2019 el porcentaje de inspección para cada método de END, por el método de inspección visual el 60%, método de partículas magnéticas 40% y método de ultrasonido 20%, dichos porcentajes eran determinados por la especificación de la empresa MEPSA.

Se realizó capacitaciones al personal del área de calidad en temas relacionados con los ensayos no destructivos, para reforzar el control de las inspecciones durante el año 2019.

Tema	Oct-2019	Nov-2019	Dic-2019
Ensayo de Inspección visual	x		
Ensayo de Partículas Magnéticas		x	
Ensayo de Ultrasonido			x

Figura 72. Cronograma de capacitaciones de los END

Fuente: Elaboración Propia

En la **figura 72**, se observa el cronograma de capacitación, en el mes de octubre del año 2019 se llevó la capacitación del ensayo de inspección visual, en el mes de noviembre se realizó el ensayo de partículas magnéticas y en el mes de diciembre el ensayo de ultrasonido, con el fin de reforzar las inspecciones para realizar la aplicación de los ensayos no destructivos en el control de calidad de los forros para molino SAG.



Figura 73. Capacitación del personal del área de calidad en END

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 73**, se observa la imagen de la capacitación que se realizó en el mes de octubre que se inició con el tema del ensayo de inspección visual.

Tabla 6

Estado Final Año 2020 Porcentajes de Inspección Interna

Forro Tipo Código	Método de Inspección Visual (VT)	Método de Partículas Magnéticas (MT)	Método de Ultrasonido (UT)
Forro tipo 1 (100203001)	100%	100%	40%
Forro tipo 2 (100203101)	100%	100%	40%
Forro tipo 3 (100203201)	100%	100%	40%
Forro tipo 4 (100203301)	100%	100%	40%

Nota. Elaboración según información (MEPSA)

Según la **tabla 6**, se observa el estado final del año 2020 el porcentaje de inspección de cada método de ensayo no destructivo, de los cuales se aumentó el porcentaje del método de inspección visual en un 40%, el método de partículas magnéticas en un 60% y el método de ultrasonido en un 20% con respecto al año 2019. Con el fin de tener la mayor posibilidad de detección de fallas al momento de la inspección.

4.5.1. Inspección Interna

Las inspecciones internas de los forros de molino SAG, se inspeccionaron según cronograma.

Para mayor detalle (Ver **Figura 74**).

Semana	Ene - 2020	Feb - 2020	Mar - 2020	Abr - 2020	May - 2020
1	Inspección interna	Inspección interna	Inspección interna	-----	Inspección interna
2	-----	-----	-----	-----	-----
3	Inspección interna	-----	Cuarentena por Covid-19	-----	-----
4	Inspección interna	Inspección interna		Inspección interna	Inspección interna

Figura 74. Cronograma de Inspección Interna

Fuente: Elaboración propia (MEPSA)

En la **figura 74** se puede observar las semanas y los meses de inspección de los forros de molino SAG el cual se desarrolló en los meses de enero, febrero, marzo, abril y mayo del 2020.

4.5.1. Inspección Externa

Las inspecciones externas se realizaron con el cliente y durante la inspección no se tuvo ninguna observación y los forros se liberaron sin ningún inconveniente.

Semana	Jun - 2020	Jul - 2020
1	Inspección Externa	Inspección Externa
2	Inspección Externa	-----
3	-----	Inspección Externa
4	Inspección Externa	-----

Figura 75. Cronograma de Inspección Externa

Fuente: Elaboración propia (MEPSA)

En la **figura 75**, se observa las fechas de la inspección externa, el cual es programada de acuerdo al cliente.

Tabla 7

Porcentaje de Inspección Externa de cada Método de END

Forro Tipo Código	Cantidad (unidades)	Método de Inspección Visual (VT)	Método de Partículas Magnéticas (MT)	Método de Ultrasonido (UT)
Forro Tipo 1 (100203001)	56	100%	40%	40%
Forro Tipo 2 (100203101)	56	100%	40%	40%
Forro Tipo 3 (100203201)	56	100%	40%	40%
Forro Tipo 4 (100203301)	56	100%	40%	40%

Nota. Se detalla las cantidades y los porcentajes de inspección externa.

Fuente: Elaboración propia (MEPSA).

En la **tabla 7**, se observa que son 4 tipos de forros; cada tipo son de 56 forros que en suma hacen un total de 224 forros, además se aprecia los porcentajes de inspección para cada método de END, inspección visual se realizó al 100%, método de partículas magnéticas al 40%

y el método de ultrasonido al 40% estos porcentajes se han mantenido tanto en el estado inicial como en el estado final de las inspecciones externas debido que son las solicitadas por el cliente.

4.6. Resultados del Objetivo Específico 1

Objetivo Específico 1:

Determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección visual, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA.

Las etapas para llevar a cabo y cumplir con el objetivo específico 1 son los siguientes:

1. Realizar las inspecciones internas con los comparadores scrata de la norma ASTM 802. Para mayor detalle de las scratas (ver **Anexo 10**).
2. Realizar los reportes de no conformidad (RNC) de los defectos detectados por el método de inspección visual. Mayor detalle (Ver **Anexo 17 y 18**).

Tabla 8

Resultado por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo I (100203001)

Mes de Inspección	Fecha de RNC	N° de Forro	Defecto por Método Inspección Visual	Nivel de Calidad	Disposición
En-2020	10/01/2020	1	Porosidad	IV	Rechazo
		1	Inclusión No Metálica	IV	Rechazo
Feb-2020	6/02/2020	2	Porosidad	III	Reproceso
		2	Inclusión No Metálica	III	Reproceso
Feb-2020	26/02/2020	3	Porosidad	III	Reproceso
		3	Inclusión No Metálica	III	Reproceso
Abr-2020	29/04/2020	50	Inclusión no Metálica	III	Reproceso

Nota. Mayor detalle del nivel de calidad (ver **Anexo 11**).

Fuente: Elaboración propia. (MEPSA).

Según la **tabla 8**, se observa los resultados del forro tipo 1 (100203001) mediante el método de inspección visual; los forros N°2, 3 y 50 presentan nivel de calidad III cuyos defectos detectados son porosidad e inclusión no metálica, cuya disposición fue reprocesado. El forro N°1 presenta nivel de calidad IV cuya disposición fue rechazada, en total son 4 forros observados del tipo 1. Para mencionar que el criterio de aceptación de los forros se realizó según la especificación MEPSA. Para mayor detalle (Ver **Anexo 12**).

Porcentaje de Rechazo por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 1

Para el forro tipo 1 (100203001), la cantidad es 56 unidades

Cantidad de rechazado es 1 unidad.

$$\% \text{Rechazo} = \frac{\text{Cantidad de Rechazo}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Rechazo} = \frac{1}{56} \times 100\% = 1.79\%$$

Porcentaje de Reproceso por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 1

Para el forro tipo 1 (100203001), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de reproceso es 3 unidades.

$$\% \text{Reproceso} = \frac{\text{Cantidad de Reproceso}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Reproceso} = \frac{3}{56} \times 100\% = 5.36\%$$

Tabla 9

Resultado por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 2 (100203101)

Fecha de Inspección	Fecha de RNC	N° de Forro	Defecto por Método Inspección Visual	Nivel de Calidad	Disposición
Feb-2020	3/02/2020	1	Porosidad	III	Reproceso
		1	Inclusión de Escoria	III	Reproceso
Feb-2020	27/02/2020	2	Porosidad	III	Reproceso
		2	Inclusión de Escoria	III	Reproceso

Nota. Mayor detalle del nivel de calidad (ver **Anexo 11**).

Fuente: Elaboración propia. (MEPSA).

Según la **tabla 9** se observa los resultados del forro tipo 2 (100203101) mediante el método de inspección visual; los forros N°1 y 2 presentan nivel de calidad III cuyos defectos detectados son porosidad e inclusión no metálica, cuya disposición fue reprocesado respectivamente, en total son 2 forros observados del tipo 2. Para aclarar que el criterio de aceptación se realizó según la especificación MEPSA. Para mayor detalle (Ver **Anexo 12**).

Porcentaje de Rechazo por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 2

Para el forro tipo 2 (100203101), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de rechazado es 0 unidad.

$$\%Rechazo = \frac{\text{Cantidad de Rechazo}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\%Rechazo = \frac{0}{56} \times 100\% = 0.00\%$$

Porcentaje de Reproceso por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 2

Para el forro tipo 2 (100203101), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de reproceso es 2 unidades

$$\% \text{Reproceso} = \frac{\text{Cantidad de Reproceso}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Reproceso} = \frac{2}{56} \times 100\% = 3.57\%$$

Tabla 10

Resultado por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 3 (100203201)

Mes de Inspección	Fecha de RNC	N° de Forro	Defecto por Método Inspección Visual	Nivel de Calidad	Disposición
Ene-2020	6/01/2020	1	Porosidad	IV	Rechazo
		1	Inclusión No Metálica	IV	Rechazo
Ene-2020	29/01/2020	2	Porosidad	IV	Rechazo
		2	Inclusión No Metálica	IV	Rechazo
Feb-2020	26/02/2020	34	Porosidad	III	Reproceso
		34	Inclusión No Metálica	III	Reproceso
Mar-2020	12/03/2020	39	Textura Superficial (Rotura de molde)	III	Reproceso

Nota. Mayor detalle del nivel de calidad (ver **Anexo 11**).

Fuente: Elaboración propia (MEPSA).

Según la **tabla 10**, se observa los resultados del forro tipo 3 (100203201) mediante el método de inspección visual, los forros N°1 y 2 presentan nivel de calidad IV cuyos defectos detectados son porosidad e inclusión no metálica, cuya disposición fue rechazado. Para el forro

N°34 y 39 presentan nivel de calidad III cuyos defectos son porosidad, inclusión no metálica y textura superficial respectivamente cuya disposición fue reprocesada, en total son 4 forros observados del tipo 3. Para aclarar que el criterio de aceptación se realizó según la especificación MEPSA. Para mayor detalle (Ver **Anexo 12**).

Porcentaje de Rechazo por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 3

Para el forro tipo 3 (100203201), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de rechazado es 2 unidades.

$$\% \text{Rechazo} = \frac{\text{Cantidad de Rechazo}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Rechazo} = \frac{2}{56} \times 100\% = 3.57\%$$

Porcentaje de Reproceso por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 3

Para el forro tipo 3 (100203201), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de reproceso es 2 unidades.

$$\% \text{Reproceso} = \frac{\text{Cantidad de Reproceso}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Reproceso} = \frac{2}{56} \times 100\% = 3.57\%$$

Tabla 11

Resultado por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 4 (100203301)

Mes de Inspección	Fecha de RNC	N° de Forro	Defecto por Método Inspección Visual	Nivel de Calidad	Disposición
Ene-2020	21/01/2020	1	Porosidad	IV	Rechazo
		1	Inclusión No Metálica	IV	Rechazo
Feb-2020	10/02/2020	2	Porosidad	IV	Rechazo
		2	Inclusión No Metálica	IV	Rechazo
Mar-2020	12/03/2020	45	Inclusión No Metálica	III	Reproceso

Nota. Mayor detalle del nivel de calidad (ver **Anexo 11**).

Fuente: Elaboración propia (MEPSA).

En la **tabla 11**, se observa los resultados del forro tipo 4 (100203301) mediante el método de inspección visual, los forros N°1 y 2 presentan nivel de calidad IV cuyos defectos detectados son porosidad e inclusión no metálica, cuya disposición fue rechazado. Para el forro N°45 presentan nivel de calidad III cuyo defecto es de inclusión no metálica cuya disposición fue reprocesado, en total son 3 forros observados del tipo 4. Para aclarar que el criterio de aceptación se realizó según la especificación MEPSA. Para mayor detalle (Ver **Anexo 12**).

Porcentaje de Rechazo por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 4

Para el forro tipo 4 (100203301), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de rechazado es 2 unidades.

$$\% \text{Rechazo} = \frac{\text{Cantidad de Rechazo}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Rechazo} = \frac{2}{56} \times 100\% = 3.57\%$$

Porcentaje de Reproceso por el Método de Inspección Visual del Forro Tipo 4

Para el forro tipo 4 (100203301), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de reproceso es 1 unidad.

$$\% \text{Reproceso} = \frac{\text{Cantidad de Reproceso}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Reproceso} = \frac{1}{56} \times 100\% = 1.79\%$$

Tabla 12

Estado Final Año 2020 Porcentaje del Resultado por el Método de Inspección Visual

Forro Tipo	% Rechazo por el Método Visual	% Reproceso por el Método Visual
Forro tipo 1 (100203001)	1.79%	5.36%
Forro tipo 2 (100203101)	0%	3.57%
Forro tipo 3 (100203201)	3.57%	3.57%
Forro tipo 4 (100203301)	3.57%	1.79%
Promedio	2.23%	3.57%

Nota. Se detallan los porcentajes totales de rechazo y de reproceso por el método de inspección visual.

Fuente: Elaboración propia (MEPSA)

Según, la **tabla 12** se observa por el método de inspección visual de un total de 224 unidades de forros y por cada tipo de forro es 56 unidades se detectó defectos de inclusiones no metálicas y porosidades y el rechazo fue el 2.23% que equivale a 5 unidades y lo conforme fue el 97.77% que equivale a 219 unidades; así mismo el reproceso fue de 3.57% que equivale a 8 unidades. Para el caso de los 5 forros rechazados se tuvo que producir nuevamente y realizar los mismos controles de calidad los cuales quedaron conforme luego de las inspecciones. Para el caso del reproceso dichos forros retornaron al área de acabados para trabajar de acuerdo a las scratas de comparación de la norma ASTM A-802, y fueron evaluados según el criterio de aceptación de la tabla 1 de la norma. Mayor detalle (Ver **Anexo 11**).

4.7. Resultados del Objetivo Específico 2

Objetivo específico 2:

Determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección de partículas magnéticas, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA.

Las etapas para llevar a cabo y cumplir con el objetivo específico 2 son las siguientes:

1. Realizar las inspecciones bajo la norma ASTM E 709 y ASTM A 903. Mayor detalle (ver **Anexo 6**).
2. Evidenciar mediante reportes de no conformidad (RNC) los defectos encontrados por el método de partículas magnéticas. (Ver **Anexo 20**)

Tabla 13

Resultado por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 1 (100203001)

Mes de inspección	Fecha de RNC	N° de Forro	Defecto por Método Partículas Magnéticas	Nivel de Calidad	Disposición
Ene-2020	21/01/2020	1	Fisura	V	Rechazo
Feb-2020	06/02/2020	2	Fisura	III	Reproceso
Mar-2020	02/03/2020	4	Fisura	V	Rechazo

Nota. Mayor detalle de Nivel de Calidad (ver **tabla 17**)

Fuente: Elaboración propia (MEPSA).

En la **tabla 13**, se observa los resultados del forro tipo 1 (1002030019) mediante el método de partículas magnéticas, los forros N°1 y 4 presentan nivel de calidad V cuyo defecto detectado fue fisura, su disposición fue rechazado. El forro N°2 presenta nivel de calidad III

cuyo defecto fue fisura su disposición fue reproceso, en total son 3 forros observados del tipo 1.
Para ver el criterio de aceptación mayor detalle (Ver **Figura 6**).

Porcentaje de Rechazo por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 1

Para el forro tipo 1 (100203001), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de rechazado es 2 unidad.

$$\%Rechazo = \frac{\text{Cantidad de Rechazo}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\%Rechazo = \frac{2}{56} \times 100\% = 3.57\%$$

Porcentaje de Reproceso por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 1

Para el forro tipo 1 (100203001), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de reproceso es 1 unidad.

$$\%Reproceso = \frac{\text{Cantidad de Reproceso}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\%Reproceso = \frac{1}{56} \times 100\% = 1.79\%$$

Tabla 14

Resultado por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 2 (100203101)

Mes de Inspección	Fecha de RNC	N° de Forro	Defecto por Método Partículas Magnéticas	Nivel de Calidad	Disposición
Feb-2020	03/02/2020	1	Fisura	II	Reproceso
Feb-2020	27/02/2020	2	Fisura	III	Reproceso

Nota. Mayor detalle del nivel de calidad (ver **tabla 17**)

Fuente: Elaboración propia (MEPSA).

En la **tabla 14**, se observa los resultados del forro tipo 2 (100203101) mediante el método de partículas magnéticas, los forros N°1 y 2 presentan nivel de calidad II y III respectivamente cuyo defecto detectado fue fisura, su disposición fue reprocesado, en total son 3 forros observados del tipo 2. Para ver el criterio de aceptación mayor detalle (Ver **Figura 6**).

Porcentaje de Rechazo por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 2

Para el forro tipo 2 (100203101), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de rechazado es 0 unidad.

$$\% \text{Rechazo} = \frac{\text{Cantidad de Rechazo}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Rechazo} = \frac{0}{56} \times 100\% = 0.00\%$$

Porcentaje de Reproceso por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 2

Para el forro tipo 2 (100203101), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de reproceso es 2 unidades.

$$\% \text{Reproceso} = \frac{\text{Cantidad de Reproceso}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Reproceso} = \frac{2}{56} \times 100\% = 3.57\%$$

Tabla 15

Resultado por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 3 (100203201)

Mes de Inspección	Fecha de RNC	Nº de Forro	Defecto por Método Partículas Magnéticas	Nivel de Calidad	Disposición
Ene-2020	6/01/2020	1	Fisura	V	Rechazo
Ene-2020	23/01/2020	2	Fisura	V	Rechazo
Mar-2020	13/03/2020	5	Fisura	IV	Reproceso

Nota. Mayor detalle del nivel de calidad (ver **tabla 17**)

Fuente: Elaboración propia (MEPSA).

En la **tabla 15**, se observa los resultados del forro tipo 3 (100203201) mediante el método de partículas magnéticas, el forro N°5 presenta nivel de calidad IV cuyo defecto detectado fue fisura, su disposición fue reprocesado. El forro N°1 y 2 presentan nivel de calidad V cuyo defecto detectado fue fisura, su disposición fue rechazado, en total son 3 forros observados del tipo 3. Para ver el criterio de aceptación mayor detalle (Ver **Figura 6**).

Porcentaje de Rechazo por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 3

Para el forro tipo 3 (100203201), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de rechazado es 2 unidad.

$$\% \text{Rechazo} = \frac{\text{Cantidad de Rechazo}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Rechazo} = \frac{2}{56} \times 100\% = 3.57\%$$

Porcentaje de Reproceso por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 3

Para el forro tipo 3 (100203201), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de reproceso es 1 unidad.

$$\% \text{Reproceso} = \frac{\text{Cantidad de Reproceso}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Reproceso} = \frac{1}{56} \times 100\% = 1.79\%$$

Tabla 16

Resultado por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 4 (100203301)

Mes de Inspección	Fecha de RNC	N° de Forro	Defecto por Método Partículas Magnéticas	Nivel de Calidad	Disposición
Feb-2020	10/02/2020	2	Fisura	V	Rechazo

Nota. Mayor detalle de nivel de calidad (ver **tabla 17**)

Fuente: Elaboración propia (MEPSA).

En la **tabla 16**, se observa los resultados del forro tipo 4 (100203301) mediante el método de partículas magnéticas, forro N°2 presenta nivel de calidad V cuyo defecto detectado fue fisura, su disposición fue rechazado, en total es 1 forro observado del tipo 4. Para ver el criterio de aceptación mayor detalle (Ver **Figura 6**).

Porcentaje de Rechazo por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 4

Para el forro tipo 4 (100203301), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de rechazado es 1 unidad.

$$\% \text{Rechazo} = \frac{\text{Cantidad de Rechazo}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Rechazo} = \frac{1}{56} \times 100\% = 1.79\%$$

Porcentaje de Reproceso por el Método de Partículas Magnéticas del Forro Tipo 4

Para el forro tipo 4 (100203301), la cantidad es 56 unidades.

Cantidad de reproceso es 0 unidad.

$$\% \text{Reproceso} = \frac{\text{Cantidad de Reproceso}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Reproceso} = \frac{0}{56} \times 100\% = 0.00\%$$

Tabla 17

Criterios de Aceptación de Inspección de Superficie Indicación Tamaño, pulg. [mm]

Tipo	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV	Nivel V
Lineal	1/16” [1.6]	1/8” [3.2]	3/16” [4.8]	1/4” [6.4]	3/8” [9.5]
No Lineal	1/8” [3.2]	3/16” [4.8]	3/16” [4.8]	1/4” [6.4]	3/8” [9.5]

Nota. Se detalla el nivel de calidad según ASTM A-903

Fuente: (ASTM A - 903/A 903M – 99)

Según la **tabla 17**, en la celda tipo se habla de Indicaciones lineales: una indicación cuya longitud es igual o superior a tres veces su ancho se clasificará como una indicación lineal. Indicaciones no lineales: una indicación cuya longitud es menos de tres veces su ancho se clasificará como no lineal. Indicaciones relevantes: las indicaciones relevantes son indicaciones que resultan de discontinuidades mecánicas. Sólo las indicaciones cuya dimensión principal exceda 1/16 pulg. [1,6 mm] deberán ser considerados relevantes.

ASTM A-903 -Tabla 1	
Nivel I	Aceptado
Nivel II	Reproceso
Nivel III	Reproceso
Nivel IV	Reproceso
Nivel V	Rechazado

Figura 6. Criterio de Aceptación del Forro de Molino SAG

Fuente: (MEPSA)

En la **figura 6** se observa el criterio de aceptación según la especificación MEPSA, basado en la norma ASTM A-903; solo el nivel I es aceptado, quiere decir que como máximo la longitud de la indicación lineal debe ser de 1,6 mm.

Tabla 18

Resultado del Estado Final 2020 por el Método de Partículas Magnéticas

Forro Tipo	% Rechazo por el Método Partículas Magnéticas	% Reproceso por el Método Partículas Magnéticas
Forro Tipo 1 (100203001)	3.57%	1.79%
Forro Tipo 2 (100203101)	0%	3.57%
Forro Tipo 3 (100203201)	3.57%	1.79%
Forro Tipo 4 (100203301)	1.79%	0.00%
Promedio	2.23%	1.79%

Nota. Se detalla los porcentajes promedios de rechazo y de reproceso por el método de partículas magnéticas.

Fuente: Elaboración propia (MEPSA)

Según, la **tabla 18** se observa mediante el método de partículas magnéticas se detectó en su totalidad discontinuidades de fisuras y el rechazo de los forros fue el 2.23% que equivale a 5 unidades y lo conforme fue el 97.77% que equivale a 219 unidades; así mismo el reproceso es 1.79% que equivale a 4 unidades de toda la producción de los forros de molino SAG.

Para el caso de los forros rechazados se tuvo que producir nuevamente y pasar los mismos controles de calidad los cuales fueron conforme. Para el caso de reproceso dichos forros retornaron al área de acabados y el cual eliminaron completamente las fisuras. Posteriormente se realizó nuevamente las partículas magnéticas quedando conforme.

4.8. Resultados del Objetivo Específico 3

Objetivo específico 3:

Determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección por ultrasonido, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA.

Las etapas para llevar a cabo y cumplir con el objetivo específico 3 son los siguientes:

1. Realizar las inspecciones según la norma ASTM A 609 Nivel de Rechazo Tabla 2. Mayor detalle (Ver **Anexo 10**).
2. Evidenciar mediante reportes de no conformidad (RNC) los defectos encontrados por el método de ultrasonido. *Nota.* En este caso no se evidencio ninguna no conformidad por el método de ultrasonido.

Tabla 19

Comparativo del Estado Inicial 2019 y del Estado Final 2020 del Método de Ultrasonido

Estado Inicial del END (2019)			Estado Final del END (2020)		
Forro Tipo	Cantidad (unidades)	Método de Ultrasonido (UT)	Forro Tipo	Cantidad (unidades)	Método de Ultrasonido (UT)
Forro Tipo 1 (100203001)	56	20%	Forro Tipo 1 (100203001)	56	40%
Forro Tipo 2 (100203101)	56	20%	Forro Tipo 2 (100203101)	56	40%
Forro Tipo 3 (100203201)	56	20%	Forro Tipo 3 (100203201)	56	40%
Forro Tipo 4 (100203301)	56	20%	Forro Tipo 4 (100203301)	56	40%

Nota. Elaboración en base a la información de (MEPSA)

Según la **tabla 19**, se observa que en el estado inicial año 2019, el método de ultrasonido el porcentaje de inspección era 20%, luego en el año 2020 el estado final el método de ultrasonido quedó en el 40%. En el año 2019 no se registró ninguna evidencia de alguna

observación por este método de ultrasonido, como una manera de mejorar el control la empresa MEPSA decidió aumentar el porcentaje de inspección a 40%.

Tabla 20

Resultado del Estado Final 2020 de la Inspección Interna por el Método de Ultrasonido

Forro Tipo	Cantidad (und.)	Ultrasonido (UT)	Cantidad a Inspeccionar	Conforme	No Conforme
Forro Tipo 1 (100203001)	56	40%	22	SI	-
Forro Tipo 2 (100203101)	56	40%	22	SI	-
Forro Tipo 3 (100203201)	56	40%	22	SI	-
Forro Tipo 4 (100203301)	56	40%	22	SI	-

Nota. Se detalla los resultados por el método de ultrasonido

Fuente: (MEPSA).

Según la **tabla 20**, de los 4 tipos de forros que son 56 por tipo, hacen una suma total de 224 unidades, la cantidad por cada tipo a inspeccionar fue del 40% que equivale a 22 unidades por tipo de forro, de los cuales estuvieron conforme los 88 forros inspeccionados, no se detectaron ninguna indicación relevante en la inspección de los forros para molino SAG. Mediante el método de ultrasonido en el estado inicial año 2019, no se detectaron al igual ninguna indicación relevante.

4.9. Resultado del Objetivo General

Objetivo general: Determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA.

4.9.1. Resultados de la Inspección Interna

Tabla 21

Resultados del Estado Inicial 2019 de la Inspección Interna de los Forros SAG

Total	Cantidad	Porcentaje
Total de Rechazo	0	0%
Total de Reproceso	0	0%

Nota. Se detalla la cantidad total de rechazo y reproceso de la inspección interna de los forros para molino SAG del año 2019.

Se observa en la **tabla 21**, los resultados del estado inicial 2019 de la inspección de un total de 224 forros para molino SAG, no se evidenció ningún rechazo ni reproceso del mismo, esto debido que “no se detectó ningún defecto” porque dentro de los inspectores había personales relativamente nuevos y faltaba reforzar con el tema de las capacitaciones de los END.

Tabla 22

Resultados del Estado Final 2020 de la Inspección Interna del Forro Tipo 1

Forro Tipo	N° de Forro	Método de Inspección Visual	Método de Partículas Magnéticas	Método de Ultrasonido	Disposición Final de la Aplicación de los END
Forro tipo 1 (100203001)	1	Rechazo	Rechazo	S/I	Rechazo
Forro tipo 1 (100203001)	2	Reproceso	Reproceso	S/I	Reproceso
Forro tipo 1 (100203001)	3	Reproceso	S/I	S/I	Reproceso
Forro tipo 1 (100203001)	4	S/I	Rechazo	S/I	Rechazo
Forro tipo 1 (100203001)	50	Reproceso	S/I	S/I	Reproceso

NOTA. S/I = Sin indicación, se detalla los resultados de la inspección interna de los forros SAG.

Fuente: Elaboración propia (MEPSA)

Según la **tabla 22** los forros N°1, 2, 3, 4, y 50 son las 5 unidades observadas de un total de 56 forros del tipo 1, cuya disposición final es: el forro N° 1 y 4 fueron rechazados y el forro N°2, 3 y 50 fueron reprocesados.

Tabla 23

Resultados del Estado Final 2020 de la Inspección Interna del Forro Tipo 2

Forro Tipo	N° de Forro	Método de Inspección Visual	Método de Partículas Magnéticas	Método de Ultrasonido	Disposición Final de la Aplicación de los END
Forro tipo 2 (100203101)	1	Reproceso	Reproceso	S/I	Reproceso
forro tipo 2 (100203101)	2	Reproceso	Reproceso	S/I	Reproceso

NOTA. S/I = Sin indicación, se detalla los resultados de la inspección interna de los forros SAG.

Fuente: Elaboración propia (MEPSA)

Según la **tabla 23**, los forros N°1 y 2 son las 2 unidades observados de un total de 56 forros del tipo 2, cuya disposición final fueron reprocesados.

Tabla 24

Resultados del Estado Final 2020 de la Inspección Interna del Forro Tipo 3

Forro Tipo	N° de Forro	Método de Inspección Visual	Método de Partículas Magnéticas	Método de Ultrasonido	Disposición Final de la Aplicación de los END
Forro tipo 3 (100203201)	1	Rechazo	Rechazo	S/I	Rechazo
Forro tipo 3 (100203201)	2	Rechazo	Rechazo	S/I	Rechazo
Forro tipo 3 (100203201)	5	S/I	Reproceso	S/I	Reproceso
Forro tipo 3 (100203201)	34	Reproceso	S/I	S/I	Reproceso
Forro tipo 3 (100203201)	39	Reproceso	S/I	S/I	Reproceso

NOTA. S/I = Sin indicación, se detalla los resultados de la inspección interna de los forros SAG.

Fuente: Elaboración propia (MEPSA)

Según la **tabla 24**, los forros N°1, 2, 5, 34, y 39 son las 5 unidades observadas de un total de 56 forros del tipo 3, cuya disposición final es: el forro N° 1 y 2 fueron rechazados y el forro N°5, 34 y 39 fueron reprocesados.

Tabla 25

Resultados del Estado Final 2020 de la Inspección Interna del Forro Tipo 4

Forro Tipo	N° de Forro	Método de Inspección Visual	Método de Partículas Magnéticas	Método de Ultrasonido	Disposición Final de la Aplicación de los END
Forro tipo 4 (100203301)	1	Rechazo	S/I	S/I	Rechazo
Forro tipo 4 (100203301)	2	Rechazo	Rechazo	S/I	Rechazo
Forro tipo 4 (100203301)	45	Reproceso	S/I	S/I	Reproceso

NOTA. S/I = Sin indicación, se detalla los resultados de la inspección interna de los forros SAG.

Fuente: Elaboración propia (MEPSA)

Según la **tabla 25**, los forros N°1, 2, y 45 son las 3 unidades observadas de un total de 56 forros del tipo 4, cuya disposición final es: el forro N° 1 y 2 fueron rechazados y el forro N°45 fue reprocesado. Los números de forro son la trazabilidad de cada pieza.

Porcentaje de Rechazo de la Aplicación de los END

Cantidad total de todos los tipos de forros para molino SAG fueron 224 unidades.

Cantidad total de todos los tipos de forros rechazados fueron 6 unidades

$$\% \text{Rechazo} = \frac{\text{Cantidad de Rechazo}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Rechazo} = \frac{6}{224} \times 100\% = 2.67\%$$

Porcentaje de Reproceso de la Aplicación de los END

Cantidad total de todos los tipos de forros para molino SAG fueron 224 unidades.

Cantidad total de todos los tipos de forros reprocesados fueron 9 unidades

$$\% \text{Reproceso} = \frac{\text{Cantidad de Reproceso}}{\text{Cantidad total}} \times 100\%$$

$$\% \text{Reproceso} = \frac{9}{224} \times 100\% = 4.02\%$$

Tabla 26

Resultados del Estado Final 2020 de la Inspección Interna de los Forros SAG

Total	Cantidad	Porcentaje
Total de Rechazo	6	2.67%
Total de Reproceso	9	4.02%

Nota. Se detalla la cantidad total de rechazo y reproceso de todos los tipos de forros para molino SAG

Fuente: Elaboración propia (MEPSA)

Según la **tabla 26**, la cantidad total de producción de forros fueron 224 unidades y la cantidad total de rechazo de todos los tipos de forros fue el 2.67% que equivale a 6 unidades y la cantidad de reproceso fue el 4.02% que equivale a 9 unidades. En total fueron 15 unidades de forros observados.

Tabla 27

Comparativo de los Resultados del Estado Inicial 2019 y Estado Final 2020

Disposición	Estado Inicial Año 2019	Estado Final Año 2020	“Incremento”
Rechazo	0%	2.67% (6 unidades)	2.67%
Reproceso	0%	4.02% (9 unidades)	4.02%

Nota. Se detalla el incremento en la inspección interna de los forros para molino SAG.

Fuente: Elaboración propia (MEPSA)

Según la **tabla 27**, se observa un falso positivo del “incremento” del porcentaje de los forros para molino SAG, debido a que en el estado inicial los porcentajes eran 0% significó que no se evidenció ningún rechazo ni reproceso de ningún tipo de forro, a diferencia que en el estado final año 2020, sí se detectó los defectos por los métodos de aplicación END, sucede esto porque ya el personal que relativamente era nuevo ya estaba capacitado para el año 2020 y tenían las capacidades para poder realizar las inspecciones de los forros a mayor detalle y con certeza, es por ello que los resultados del estado final 2020 fueron de la siguiente manera: 1) La cantidad total de rechazo fue el 2.67% que equivale a 6 unidades de un total de 224 unidades de forros. 2) La cantidad total de reproceso fue el 4.02% que equivale a 9 unidades de un total de 224 unidades de forros.

Los resultados de la inspección interna favorecen debido que al momento de realizar la inspección con el cliente los forros quedaron conforme sin ninguna observación para su liberación.

4.9.2. Resultados de la Inspección Externa

Tabla 28

Resultados del Estado Inicial Año 2019 de la Inspección Externa de los Forros SAG

Disposición	% Método Inspección Visual	% Método Partículas Magnéticas	% Método Ultrasonido	Total
Rechazo	1.34%	0.45%	0%	1.79%
Reproceso	1.79%	0.89%	0%	2.68%

Nota. Se detalla los porcentajes de rechazo y de reproceso en la inspección externa

Fuente: Elaboración propia (MEPSA).

Según la **tabla 28**, del total de 224 unidades de forros de todos los tipos, el rechazo fue el 1.79% que equivale a 4 unidades y el reproceso fue el 2.68% equivale a 6 unidades, por el

cual el cliente dejó en observación los forros de molino SAG, que posteriormente fueron liberados llegando estar conforme. Esto fue el indicio para tomar acciones de mejora en las capacitaciones de los inspectores.

Tabla 29

Resultado del Estado Final 2020 de la Inspección Externa de los Forros SAG

Disposición	% Método Inspección Visual	% Método Partículas Magnéticas	% Método Ultrasonido	Total
Rechazo	0%	0%	0%	0%
Reproceso	0%	0%	0%	0%

Nota. Elaboración propia *Fuente:* (MEPSA).

Se observa en la **tabla 29** de un total de producción de 224 unidades de forros de todos los tipos, que los resultados fueron significativamente positivos, debido a que no se presentó ninguna no conformidad por parte del cliente y se afirma que la aplicación de los ensayos no destructivos es una herramienta muy importante que influye en el control de calidad de los forros para molino SAG, cumpliendo las normas internacionales y los estándares de calidad.

Tabla 30

Comparativo de los Resultados del Estado Inicial 2019 y Final 2020 de la Inspección Externa

Disposición	Estado Inicial 2019	Estado Final 2020	Reducción
Rechazo	1.79%	0%	1.79%
Reproceso	2.68%	0%	2.68%

Nota. Se detalla la reducción del porcentaje del estado inicial y final de la inspección externa

Fuente: Elaboración propia (MEPSA)

Según la **tabla 30**, de un total de producción de 224 unidades de forros de todos los tipos, en la inspección externa el rechazo de los forros se redujo el 1.79% que equivale a 4

unidades y el reproceso se redujo el 2.68% que equivale a 6 unidades, todo ello debido a la inspección interna previo a la inspección externa y se concluye que la aplicación de los ensayos no destructivos influye en el control de la calidad de los forros de molino SAG, detectando defectos que causarían posibles fallas en el servicio de los forros.

CAPÍTULO V. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

5.1. Discusión de Resultados

1. ***El resultado obtenido referente al Objetivo específico 1***, por el método de inspección visual se detectó defectos de inclusiones no metálicas y porosidades y el rechazo fue el 2.23% que equivale a 5 unidades y lo conforme fue el 97.77% que equivale a 219 unidades; así mismo el reproceso fue el 3.57% que equivale a 8 unidades de toda la producción de los forros de molino SAG, dicho resultado concuerda con la tesis del autor Izurieta (2017) el cual tuvo como resultado la mayor cantidad de defectos por el método de inspección visual. Además, se comprobó que se alinea a la teoría relacionada con el método de la inspección visual.
2. ***El resultado obtenido referente al Objetivo específico 2***, por el método de partículas magnéticas se detectó en su totalidad discontinuidades de fisuras y se determinó que el rechazo fue el 2.23% que equivale a 5 unidades y lo conforme fue el 97.77% que equivale a 219 unidades; así mismo el reproceso es 1.79% que equivale a 4 unidades de toda la producción de los forros de molino SAG, dicho resultado concuerda con la tesis del autor Ticona (2016) donde expresa:” La realización de los ensayos no destructivos, aseguró la aceptabilidad del producto terminado donde se verificó que las uniones soldadas han sido realizadas de forma correcta y adecuada reduciendo la posibilidad de presencia de fisuras o grietas”. Así mismo, se constató que el resultado demostrado tiene coherencia con la norma técnica ASTM A 903.
3. ***El resultado obtenido referente al Objetivo específico 3***, mediante la inspección por el método de ultrasonido el resultado de la inspección quedó conforme, no presentó ninguna observación, dicho método concuerda con la tesis del autor Izurieta (2017) que expresó: “método de ultrasonido Phased Array versus los métodos de inspección visual se puede concluir en base a lo observado que la inspección por ultrasonido resulta más efectiva. Igualmente, se cerciore que el resultado obtenido tiene coherencia con la teoría del método de ultrasonido.

CONCLUSIONES

1. El personal de calidad por ser relativamente nuevos y no tener las capacitaciones en temas relacionados con los ensayos no destructivos, en el estado inicial del año 2019 los resultados de la inspección fueron, 0% rechazados y 0% reprocesados.
2. Se logró determinar el estado final 2020 después de la aplicación del END por el método de la inspección visual de un total de 224 forros el falso positivo “incremento” de 2.23% de rechazo y 3.57% de reproceso de los forros para molino SAG, con respecto al año 2019. Este “incremento” es debido a que el personal de calidad ya estaba capacitado.
3. Se logró determinar el estado final 2020 después de la aplicación del END por el método de las partículas magnéticas de un total de 224 forros el falso positivo “incremento” de 2.23% de rechazo y 1.79% de reproceso de los forros para molino SAG, con respecto al año 2019. Este “incremento” es debido a que el personal de calidad ya estaba capacitado.
4. Mediante el método de ultrasonido se incrementó en un 20% la inspección con respecto al estado inicial 2019 donde el resultado era 0% de observaciones. El estado final año 2020 no se detectó ninguna observación en las inspecciones que fue al 40% de los forros que equivale a 90 unidades de una producción total de 224 unidades. Se concluye que el 40% de los forros para molino SAG no presentan defectos internos.
5. Mediante la aplicación de los ensayos no destructivos en la inspección externa el año 2019 los resultados de rechazo era 2.67% igual 6 unidades y el reproceso era 4.02% igual a 9 unidades. A diferencia del resultado del año 2020 de 224 forros el rechazo y el reproceso fue 0%. Quiere decir que no hubo ninguna observación por parte del cliente, cual inspección fue aprobado.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda al área de ingeniería realizar seguimientos de cada defecto detectados para mejorar los procesos dentro de la empresa MEPSA.
2. Se recomienda a la Jefatura de Calidad realizar constantemente las capacitaciones en cada método de ensayo, inspección visual, partículas magnéticas y ultrasonido adicionalmente también es recomendable realizar las capacitaciones en tintes penetrantes ya que es un método de ensayo no destructivo.
3. Se recomienda a la Gerencia de Talento Humano, contratar una empresa certificadora que pueda dar nivel a los inspectores y puedan certificarse en cada método de ensayo no destructivo, para de esa manera poder firmar los dossiers de calidad cualesquiera y no depender de una sola persona.
4. Se recomienda al Jefe del área de acabados levantar cualquier no conformidad dentro de sus alcances y no esperar que calidad genere el reporte para tomar alguna acción inmediata, trabajar en coordinación con el área de calidad para poder reducir los reprocesos.
5. Se recomienda al área de control de procesos realizar cambios para sistema de producción para reducir los niveles de defectos por el método de inspección visual y por el método de partículas magnéticas como es la fisura detectados en la inspección de los forros de molino SAG.

REFERENCIAS

Alonso, J. (07 de 05 de 2020). *Deutsche Welle*. Recuperado de <https://p.dw.com/p/3buTs>

Alonso, V. C. (2006). *Control Estadístico de la Calidad*. México: Alfaomega.

Asociación española de Ensayos No Destructivos - Delojo, G. (2011). *Inspección Visual Niveles II y III* (Vol. 0). Madrid, España: FC Editorial. Recuperado de https://elibro-net.eu1.proxy.openathens.net/es/lc/upnorte/titulos/114214?as_parent_theme=ensayos_no_destructivos&as_parent_theme_op=unaccent__iexact&prev=as

Asociación Española De Ensayos No Destructivos. (2009). *Ensayos no destructivos ultrasonidos nivel II*. Madrid, España: FC editorial. Recuperado de <https://elibro-net.eu1.proxy.openathens.net/es/ereader/upnorte/114219?page=70>

Asociación española de ensayos no destructivos. (2014). *Partículas magnéticas nivel II*. Madrid, España: FC Editorial. Recuperado de <https://elibro-net.eu1.proxy.openathens.net/es/lc/upnorte/titulos/114077>.

ASTM A 609. (1997). *Práctica estándar de ultrasonido para piezas de acero al carbono, baja aleación y aceros martensíticos*.

ASTM A 802. (2001). *Práctica estándar para piezas de acero, estándares de aceptación superficial y examinación visual. scrata*.

ASTM A 903. (1999). *Especificación estándar para fundiciones de acero, estándares de aceptación de superficies, inspección de partículas magnéticas y líquidos penetrantes*.

ASTM E 709. (2001). *Guía estándar para examen de partículas magnéticas*.

- Balmori, J., Acuña, L., & Basterra, L. (24-27 de Mayo de 2016). Estudio de la influencia de la dirección de la fibra en la velocidad de propagación de ultrasonidos (Fakopp) en madera estructural de "pinus syl sylvestris l." y "pinus radiata d. don.". *Rehabend*, 746-755.
- Barrios, G. (2015). *Optimización de los sistemas de control de un molino de bolas*. Universidad Nacional de San Agustín Arequipa, Arequipa, Perú. Recuperado de <http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/3153/IEbasamg.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Calderón, L., & Scarpati, C. (2018). Los ensayos no destructivos (END) y su aplicación en la industria. *Artículo 5*, 59-66. doi:10.24265/campus.2018.v23n25.05
- Camisón, C., Cruz, S., & González T. (2006). *Gestión de la calidad: Conceptos, enfoques, modelos y sistemas*. Madrid, España: Pearson Prentice Hall.
- Cavero, Y., Ordinola, Z., & Portocarrero, J. (2019). *Control de calidad para el montaje de un tanque clarificador FCC-Z-203*. Universidad Nacional de Piura, Piura, Perú.
- Cerna, M., & Pompa, E. (2018). *Influencia de los ensayos no destructivos ondas guiadas magnetoestructivas en la prevención de aspectos ambientales, en tuberías de pulpa ADEMINSAC Cajamarca 2017*. Universidad Privada del Norte, Cajamarca-Perú.
- Colaboradores de Wikipedia. (6 de Septiembre de 2019). *Sistemas de inspección*. (L. e. Wikipedia, Editor) Recuperado de https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Sistemas_de_inspecci%C3%B3n&oldid=118991769
- Echevarría, R. (2002). *Defectología*. Argentina: Universidad Nacional del Comahue. Recuperado de <https://www.scribd.com/doc/21574994/64-Interview-Questions>

Encinas, J. (02 de Julio de 2009). *Gestión de la calidad y mejoramiento continuo*. Recuperado de Gestipolis: <https://www.gestipolis.com/gestion-de-la-calidad-y-mejoramiento-continuo/>

Hernandes G. (13 de Enero de 2010). *Evolución de la calidad*. Recuperado de Calidad y ADR: <https://aprendiendocalidadyadr.com/evolucion-de-la-calidad/>

Huamán, A. (16 de Febrero de 2014). *SlideShare*. Recuperado de <https://es.slideshare.net/angelgeovanny888/particulas-magneticas>

Ishikawa, K. (2007). *Introducción al control de calidad*. Madrid, España: Ediciones Díaz de Santos.

Izurieta, B. (2017). *Evaluación de defectos y discontinuidades de la soldadura por medio de la aplicación de ensayos no destructivos, en la fabricación de tuberías de 3000 mm de diámetro*. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador.

Mago, M., Vallés, J., Olaya, J., & Zequera, M. (2011). Análisis de fallas en transformadores de distribución utilizando ensayos no destructivos y pruebas de tensión mecánicas. *Ingeniería UC*, 15-26. Recuperado de <https://www.redalyc.org/pdf/707/70723254003.pdf>

MEPSA. (s.f.). *50 años transformando acero*. Recuperado de MEPSA: <http://www.mepesa.com/mepesa.html>

Mosquera, F., & Sánchez, F. (2015). Detección de fallas superficiales e internas en tuberías de alta presión para motores estacionarios por el método de ultrasonido. (*Tesis previa a la obtención del título de Ingeniero*). Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca, Cuenca.

- Navidad Carrascal, E. R. (25 de 08 de 2017). *Evolución histórica de la calidad*. Recuperado de Slide Player: <https://slideplayer.es/slide/11116865/>
- Novillo, F., Parra, B., Ramón, I., & Lopez, L. (2017). *Gestión de la Calidad: Un enfoque práctico*. Guayaquil, Ecuador: Diagramación.
- Pola, A. (2009). *Gestión de la calidad*. Barcelona, España: Marcombo. Recuperado de <https://elibro-net.eu1.proxy.openathens.net/es/lc/upnorte/titulos/45847>
- Pola, A. (2009). *Aplicación de la estadística al control de calidad*. Barcelona, España: Marcombo. Recuperado de <https://elibro-net.eu1.proxy.openathens.net/es/lc/upnorte/titulos/45842>.
- Quiroz, J. (2015). *Gestión del proceso de ensayos no destructivos en el área de mantenimiento mina - Yanacocha*. (tesis para optar el título de Ingeniero). Universidad nacional de ingeniería, Lima.
- Ramos, D. (22 de Mayo de 2018). *Las Siete Herramientas de la Calidad*. Recuperado de Blog de La Calidad : <https://blogdelacalidad.com/las-siete-herramientas-de-la-calidad/>
- Romero, J., & Proboste, H. (2013). *Aplicación del ultrasonido al control de calidad de procesos de soldadura*. Universidad del Bío-Bío, Concepción, Chile.
- Sarabia, E. (2017). *Evaluación de integridad mecánica en tuberías y juntas soldadas de acero mediante ensayos no destructivos en tubería cianurado-gold mill Yanacocha*. Universidad Cesar Vallejo, Chiclayo-Perú.
- Serrano, R. (28 de Marzo de 2007). *Ensayos No Destructivos partículas magnéticas*. Recuperado de: http://www.raquelserrano.com/?dl_id=437

Suarez, G. (25 de Octubre de 2016). *David A. Garvin y las Ocho Dimensiones de la Calidad*,
por Gregório Suarez. Recuperado de Calidad Total:

<http://ctcalidad.blogspot.com/2016/10/david-garvin-y-las-ocho-dimensiones-de.html>

Ticona, P. (2016). *Aplicación de los ensayos no destructivos y control de calidad en la
lubricación de tanques de almacenamiento atmosférico empleando acero ASTM-A36
norma API-650*. Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, Perú.

Ttito, D. (2017). *Evaluación de las principales discontinuidades presentadas en las uniones
soldadas de una línea de tubería para la conducción de petróleo y la aplicación de los
ensayos no destructivos en el proyecto "Puerto Bravo"*. Universidad Nacional de San
Agustín, Arequipa, Perú.

Wikipedia. (5 de 05 de 2021). *Wikipedia la enciclopedia libre*. (L. e. Wikipedia, Editor)

Recuperado de Calidad:

<https://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Calidad&oldid=132989850>

Yori, A. (2009). *Apuntes de asignatura ultrasonido*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia- coherencia

Título: Aplicación de los ensayos no destructivos en la inspección de los forros de molino SAG cromo molibdeno para el aseguramiento de la calidad de la empresa MEPSA 2020.

Autor: Aquino Pérez, Edson

PROBLEMA	OBJETIVOS	VARIABLES
<p>General</p> <p>¿Cuáles son los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA?</p>	<p>General</p> <p>Determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA.</p>	<p>Variable (X)</p> <p>Aplicación de los ensayos no destructivos</p> <p>Variable (Y)</p> <p>Control de calidad</p>
<p>Específicos</p> <p>a) ¿Cuáles son los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección visual, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA?</p> <p>b) ¿Cuáles son los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección de partículas magnéticas, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA?</p> <p>c) ¿Cuáles son los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección por ultrasonido, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA?</p>	<p>Específicos</p> <p>a) Determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección visual, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA.</p> <p>b) Determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección de partículas magnéticas, en el control de calidad de los forros de molino SAG en la empresa MEPSA.</p> <p>c) Determinar los resultados de la aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección por ultrasonido, en el control de calidad de los forros de molino SAG, en la empresa MEPSA.</p>	<p>Variable (X₁):</p> <p>Aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección visual</p> <p>Variable (Y):</p> <p>Control de calidad</p> <p>Variable (X₂):</p> <p>Aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección de partículas magnéticas</p> <p>Variable (Y):</p> <p>Control de calidad</p> <p>Variable (X₃):</p> <p>Aplicación de los ensayos no destructivos por el método de inspección por ultrasonido</p> <p>Variable (Y):</p> <p>Control de calidad</p>

Fuente: Elaboración propia del investigador.

Anexo 2. Certificado nivel II ensayo de ultrasonido (UT)



Anexo 3. Certificado nivel II ensayo de partículas magnéticas (MT)



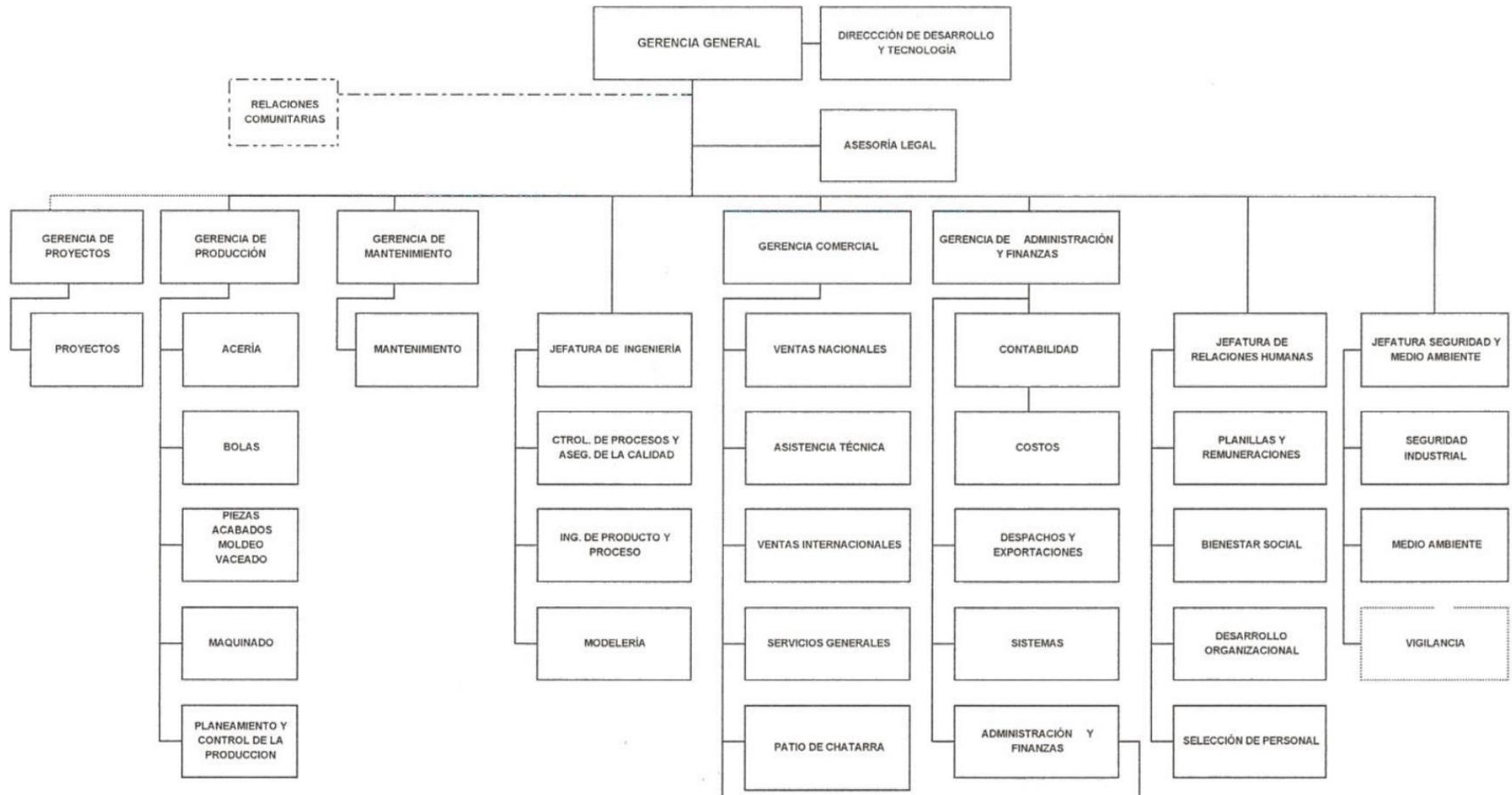
Anexo 4. Certificado nivel II inspección visual (VT)



Anexo 5. Certificado nivel II ensayo de líquidos penetrantes (PT)

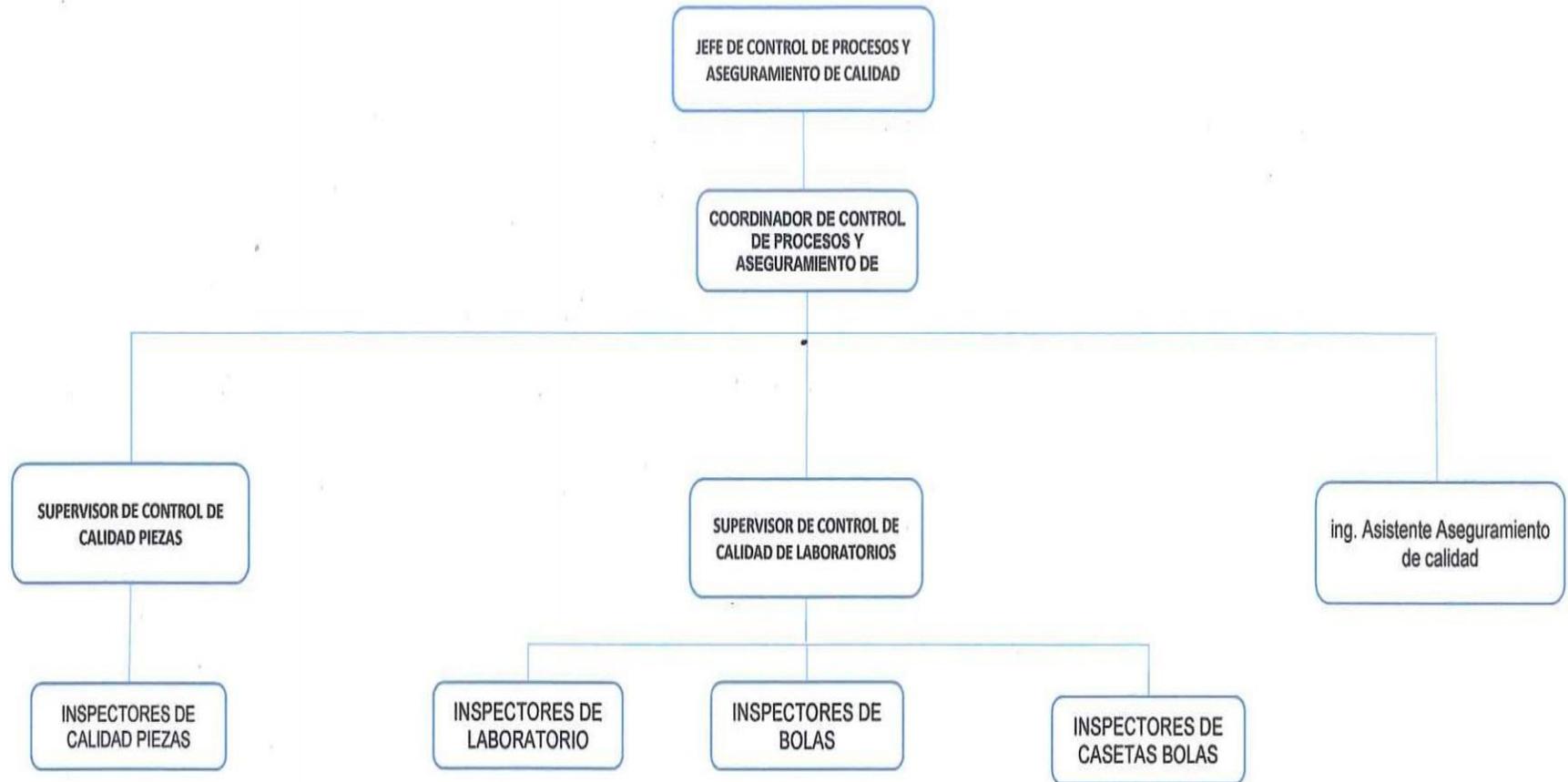


Anexo 6. Organigrama general de la empresa MEPSA



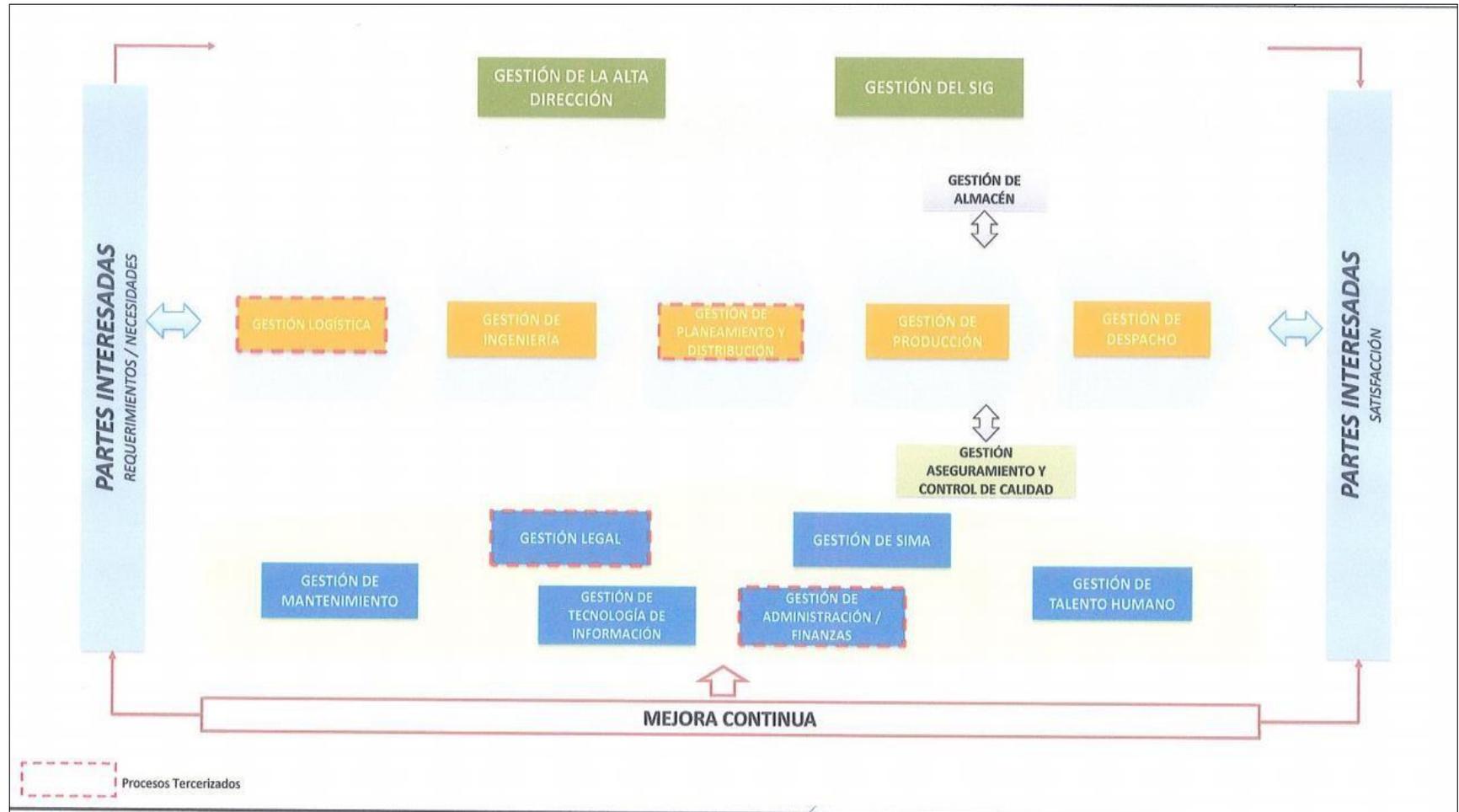
Fuente: (MEPSA)

Anexo 7. Organigrama del Área de Calidad



Fuente: (MEPSA)

Anexo 8. Mapa de procesos de la empresa MEPSA



Fuente: (MEPSA)

Anexo 10. Comparadores scrata ASTM A 802 evaluación de la calidad de la superficie



Nota. Pack de scratas de los niveles de calidad para la inspección Visual.

Fuente: (MEPSA)

Anexo 11. Criterios de aceptación de inspección visual nivel de calidad

Característica de Superficie	Nivel I	Nivel II	Nivel III	Nivel IV
Textura superficial / Surface texture	A1	A2	A3	A4
Inclusiones no metálicas / Nonmetallic inclusions	B1	B2	B4	B5
Porosidad de gas / Gas porosity	C1	C2	C3	C4
Discontinuidades de fusión / Fusion discontinuities	... ^A	D1	D2	D5
Discontinuidades de expansión / Expansion discontinuities	... ^A	... ^A	E3	E5
Inserta / Inserts	... ^A	... ^A	F1	F3
Marcas de remoción de metal (térmico) / Metal remover marks thermal	G1	G2	G3	G4
Marcas de remoción de metal (mecánico) / Metal remover marks mechanical	H1	H3	H4	H5
Marcas remoción de metales (soldaduras) / Metal remover marks welds	J1	J2	J3	J5

Nota. ^A No hay disponible una placa comparadora de referencia para esta característica y nivel de superficie.

Fuente: (Norma ASTM A 802/A 802M).

Anexo 12. Nivel de aceptación para los forros para molino SAG

ASTM A802 - Tabla 1, Nivel II Scrata	
Característica de Superficie	Nivel Máximo de Aceptación
Textura superficial	A2
Inclusiones no metálicas	B2
Porosidad de gas	C2
Discontinuidades de fusión	D2
Discontinuidades de expansión de arena	E2
Insertos metálicos	F1
Marcas por remoción de material	
Por Térmico	G2
Por maquinado	H3
Por soldadura	NO ACEPTA

Fuente: (MEPSA)

Anexo 13. Formato de reporte de inspección visual

MEPSA ACEROS CHILCA										REPORTE DE INSPECCIÓN VISUAL					SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN	
Código: IPZ-FOR-007					Versión: 003											
Fecha de aprobación: 13-03-2020					Página 1 de 1											
N° Certificado:										N° Reporte:					Página ___ de ___	
INFORMACIÓN GENERAL / GENERAL INFORMATION :																
Cliente / Customer:					Aleación / Alloy:											
Descripción de la Pieza / Description Part:					Cantidad /Quantity :											
Código / Pattern N°:					Fecha de Inspeccion / Test Date :											
CONDICIONES DEL EXAMEN / TEST CONDITIONS:																
Estándar de Referencia / Standar of Inspection:			ASTM-A-802/802M			Metodo / Method :										
						Directo/ Direct <input type="checkbox"/>					Remoto /Rem ote <input type="checkbox"/>					
Condicion Superficial / Surface Condition :			Esmerilada / Grinding :			Maquinado / Machined:				Otros / Others:						
			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>						
Tipo de Iluminación / Type Lighting:			Natural / Natural:			Artificial/Artificial White				Otros / Others						
			<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>				<input type="checkbox"/>						
Instrumentos / Tools :			Scrata		Espejo					Linterna		Lupa				
			<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>				
RESULTADO DEL ENSAYO / TEST RESULT																
Item	Nro. Pza /Piece	EVALUACION /EVALUATION - NIVEL /LEVEL										RESULTADOS/RESULTS				
		A	B	C	D	E	F	G	Plantilla Perno	Plantilla Perimetro	Plantilla P a sa No pasa	ACEPTADO / ACCEPTED	RECHAZADO / REJECT			
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
DETALLES : : TEXTURA SUPERFICIAL / SURFACE TEXTURE B : INCLUSION NO METALICAS / NONMETALIC INCLUSIONS C: GAS, POROSIDAD / GAS POROSITY D : DISCONTINUIDAD SOLIDIFICADA/ FUSION DISCONTINUITIES E: DISCONTINUIDAD POR ARENA / EXPANSION DISCONTINUITIES F : METAL INCRUSTADO / INSERTS METAL G: CORTE TERMICO DE SUPERFICIE / THERMAL																
OBSERVACION / OBSERVATION																
SIN INDICACIONES RELEVANTES																
APROBACION FINAL / FINAL APPROVAL																
INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD / QUALITY CONTROL INSPECTOR					SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD / QUALITY CONTROL SUPERVISOR					JEFE DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD					SUPERVISION DE CQ / CA	
Name:		D:		Name:		D:		Name:		D:		Name:		D:		
Firma:		M:		Firma:		M:		Firma:		M:		Firma:		M:		
		A:				A:				A:				A:		
ACEROS CHILCA S.A.C					ACEROS CHILCA S.A.C					ACEROS CHILCA S.A.C						

Fuente: (MEPSA)

Anexo 14. Formato de reporte de partículas magnéticas

		REPORTE DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS / MAGNETIC PARTICLES REPORT				SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN		
		Código: IPZ-FOR-003			Versión: 003			
		Fecha de aprobación: 13-03-2020			Página 1 de 1			
N° Certificado:		N° Reporte:			Página __ de __			
A.- INFORMACIÓN GENERAL / GENERAL INFORMATION :								
Cliente / Customer:				Aleación / Alloy :				
Descripción de la Pieza / Description of Part:				Cantidad / quantity:				
Código / Pattern N°:				Fecha del Ensayo / Test Date				
B.- CONDICIONES DEL ENSAYO / TEST CONDITIONS:								
Estandar de inspección / Standar of Inspection:		ASTM E-709		Estandar Criterio de Aceptacion / Estandar of Acceptance Criteria		ASTM E-709		
Metodo de Particula Magnetica / Magnetic Particle Method:		Particulas Secas <input checked="" type="checkbox"/>	Particula Via Humeda <input type="checkbox"/>	Tipo de Particulas :		Particulas Visibles <input checked="" type="checkbox"/>	Particulas Fluorescentes <input type="checkbox"/>	
Particulas Utilizada /Used Particle:		Marca : MAGNAFLUX	Lote :	PT. NO. 43560	Modelo : Y-7 AC/DC			
Lampara Utilizada /Used lamp :		Marca : MAGNAFLUX	Serie:	Producto / Product :		Pieza Fundicion / Casting <input checked="" type="checkbox"/>	Soldadura / Welding <input type="checkbox"/>	
Condicion Superficial /Surface Condition :		Ast Cast / Ast Cast <input type="checkbox"/>	Con Tratamiento Termico / Heat Treatment <input checked="" type="checkbox"/>	Esmerilada / Grinding <input checked="" type="checkbox"/>		Maquinada / Machined <input type="checkbox"/>		
Tipo de Corriente /Current Type:		CC <input type="checkbox"/>		AC <input checked="" type="checkbox"/>		CAR <input type="checkbox"/>		
Equipo Empleado/ Equipment Used:		Yugo /Yoke <input checked="" type="checkbox"/>	Equipo Estacionario / Stationary Equipment <input type="checkbox"/>	Bobinas /Coil <input type="checkbox"/>		csv-10 <input type="checkbox"/>		
Tipo de Iluminación /Type Lighting:		Natural / Natural <input checked="" type="checkbox"/>		Luz Artificial / Artificial Light <input type="checkbox"/>		Ultravioleta /Ultraviolet <input type="checkbox"/>		
Direccion de Campo Magnetico / Magnetic Field Direction :				Desmagnetizacion/ Demagnetization		Intensidad de campo magnético/ Magnetic field intensity:(Gauss)		
Circular/Circular <input type="checkbox"/>	Longitudinal/ Longitud <input checked="" type="checkbox"/>	Multidireccional / Multidireccional <input type="checkbox"/>	Si/ Yes <input type="checkbox"/>	No / No <input type="checkbox"/>	Valor / Value <input type="text"/>			
C.- RESULTADOS DEL ENSAYO/ TEST RESULT :								
ITEM	Nro. PIEZA / PIECE	AREA INSPECCIONADA/ INSPECTED AREA	EVALUACION / EVALUATION	RESULTADOS / RESULTS			OBSERVACIONES / OBSERVATION	
				ACEPTADO/ ACCEPTED	RECHAZADO / REJECT	OTROS/ OTHERS		
1								
2								
APROBACION FINAL								
INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD / QUALITY CONTROL INSPECTOR		SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD / QUALITY CONTROL SUPERVISOR		JEFE DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD		SUPERVISION DE CQ / CA		
Name:		Name:		Name:		Name:		
D:		D:		D:		D:		
Firma:		Firma:		Firma:		Firma:		
M:		M:		M:		M:		
A:		A:		A:		A:		
ACEROS CHILCA S.A.C		ACEROS CHILCA S.A.C		ACEROS CHILCA S.A.C				

Fuente: (MEPSA)

Anexo 15. Aceptación o rechazo de ultrasonido tabla 2 de la norma ASTM A 609

Ensayo por el Método Ultrasonido Nivel de calidad	Área, pulg² [cm²]	Área [cm²]	Longitud, Max. Pulg	Longitud, Max.[mm]
1	0.8	[5]	1.5	[40]
2	1.5	[10]	2.2	[55]
3	3	[20]	3.0	[75]
4	5	[30]	3.9	[100]
5	8	[50]	4.8	[120]
6	12	[80]	6.0	[150]
7	16	[100]	6.9	[175]

Nota. Se detalla el criterio de aceptación de la norma ASTM A 609.

Fuente: (Norma ASTM A 609)

Anexo 16. Formato de reporte de inspección por ultrasonido

		REPORTE DE INSPECCION POR ULTRASONIDO ULTRASONIC INSPECTION REPORT		SISTEMA INTEGRADO DE GESTIÓN			
		Código: IPZ-FOR-004				Versión: 003	
		Fecha de aprobación: 13-03-2020				Página 1 de 1	
N° Certificado:		N° Reporte:		Página ___ de ___			
A.- INFORMACIÓN GENERAL / GENERAL INFORMATION :							
Cliente / Customer:		Aleacion / Alloy:					
Descripción de pieza / Part description:		Cantidad /Quantity :					
Código / Pattern N°:		N° de pieza / Part N°:					
B.- CONDICIONES DEL EXAMEN / CONDITIONS OF TEST :							
Estándar de inspección / Standar of Inspection:		Tranductor / Transducer (MHz):					
Equipo / Equipment :		Ángulo / Angle:					
Modelo / Model :		Diámetro / Diameter:					
Número de Serie / Serial number:		Técnica / Technique:	Pulso Eco/Pulse ec <input type="checkbox"/>	Transmision/Transmissions <input type="checkbox"/>			
Condición de Pieza / Part Condition:							
Esmerilado / Grinding <input type="checkbox"/>		Maquinado / Machined <input type="checkbox"/>		Soldadura / Welding <input type="checkbox"/>			
Area Inspeccionada / Inspected area:							
C.- INDICACIONES OBSERVADAS / INDICATIONS OBSERVED:							
N° de indicación / Indication N°:							
Longitud / Length(mm):							
Ancho / Width(mm):							
Profundidad desde la superficie / Depth from the surface (mm):							
D.- RESULTADO DEL ENSAYO / TEST RESULT							
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>			
Aceptado / Accepted		Rechazado / Rejected		Otros / Others			
E.-OBSERVACIONES /OBSERVATIONS :							
INSPECTOR DE CONTROL DE CALIDAD / QUALITY CONTROL INSPECTOR		SUPERVISOR DE CONTROL DE CALIDAD / QUALITY CONTROL SUPERVISOR		JEFE DE CONTROL Y ASEGURAMIENTO DE LA CALIDAD			
Name:	D:	Name:	D:	Name:	D:		
Firma:	M:	Firma:	M:	Firma:	M:		
	A:		A:		A:		
ACEROS CHILCA S.A.C		ACEROS CHILCA S.A.C		ACEROS CHILCA S.A.C			

Fuente: MEPSA

Anexo 17. Consolidado de los reportes de no conformidad del método visual

RNC N°	FECHA DE CODIFICACIÓN DE RNC	FECHA DE LEVANTAMIENTO DE RNC	MES	ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA	METAL	PESO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN GENERAL
015-2020	6/01/2020	6/01/2020	Enero	100203201	DE SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3221	1	INCLUSIONES DE ESCORIA
044-2020	10/01/2020	10/01/2020	Enero	100203201	DE SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3221	1	POROSIDAD (POR METAL)
050-2020	10/01/2020	10/01/2020	Enero	100203001	FEED SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3934	1	POROSIDAD (POR METAL)
050-2020	10/01/2020	10/01/2020	Enero	100203001	FEED SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3934	1	INCLUSIONES DE ESCORIA
083-2020	21/01/2020	21/01/2020	Enero	100203301	DE SHELL LINER LOW	AC-OUT3	2647	1	POROSIDAD (POR METAL)
083-2020	21/01/2020	21/01/2020	Enero	100203301	DE SHELL LINER LOW	AC-OUT3	2647	1	INCLUSIONES DE ESCORIA
119-2020	29/01/2020	29/01/2020	Enero	100203201	DE SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3221	2	POROSIDAD (POR METAL)
119-2020	29/01/2020	29/01/2020	Enero	100203201	DE SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3221	2	INCLUSIONES DE ESCORIA
152-2020	3/02/2020	3/02/2020	Febrero	100203101	FE SHELL LINER LOW	MC-4	3200	1	POROSIDAD (POR METAL)
152-2020	3/02/2020	3/02/2020	Febrero	100203101	FE SHELL LINER LOW	MC-4	3200	1	INCLUSIONES DE ESCORIA

Fuente: MEPSA

Anexo 18. Consolidado de los reportes de no conformidad del método visual

179-2020	6/02/2020	6/02/2020	Febrero	100203001	FEED SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3934	2	POROSIDAD (POR METAL)
179-2020	6/02/2020	6/02/2020	Febrero	100203001	FEED SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3934	2	INCLUSIONES DE ESCORIA
187-2020	10/02/2020	10/02/2020	Febrero	100203301	DE SHELL LINER LOW	AC-OUT3	2647	2	POROSIDAD (POR HUMEDAD DE MOLDE)
187-2020	10/02/2020	10/02/2020	Febrero	100203301	DE SHELL LINER LOW	AC-OUT3	2647	2	INCLUSIONES DE ESCORIA
256-2020	26/02/2020	26/02/2020	Febrero	100203201	DE SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3221	34	POROSIDAD / INCLUSION NO METALICA
260-2020	26/02/2020	26/02/2020	Febrero	100203001	FEED SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3934	3	POROSIDAD (POR METAL)
260-2020	26/02/2020	26/02/2020	Febrero	100203001	FEED SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3934	3	INCLUSIONES DE ESCORIA
322-2020	12/03/2020	12/03/2020	Marzo	100203301	DE SHELL LINER LOW	AC-OUT3	2647	45	INCLUSION DE ESCORIA
327-2020	12/03/2020	12/03/2020	Marzo	100203201	DE SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3221	39	URA SUPERFICIAL (ROTURA DE MO
376-2020	29/04/2020	29/04/2020	Abril	100203001	FEED SHELL LINER HIGH	AC-OUT3	3934	50	INCLUSIONES DE ESCORIA

Anexo 19. Normas ASTM E 709 / ASTM A 903

Guía para Examen por Partículas Magnéticas



Designation: E 709 – 01

An American National Standard

Standard Guide for Magnetic Particle Examination¹

This standard is issued under the fixed designation E 709; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

Especificación Estándar para Fundiciones de Acero, Estándares de Aceptación de Superficies, Inspección de partículas Magnéticas y Líquidos Penetrantes



Designation: A 903/A 903M – 99

An American National Standard

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS
100 Barr Harbor Dr., West Conshohocken, PA 19428
Reprinted from the Annual Book of ASTM Standards. Copyright ASTM

Standard Specification for Steel Castings, Surface Acceptance Standards, Magnetic Particle and Liquid Penetrant Inspection¹

This standard is issued under the fixed designation A 903/A 903M; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon (ϵ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

Fuente: ASTM E 709 / ASTM A 903

Anexo 20. Consolidado de los reportes de no conformidad por el método de partículas magnéticas

RNC N°	FECHA DE CODIFICACIÓN DE RNC	FECHA DE LEVANTAMIENTO DE RNC	MES	ITEM	DESCRIPCIÓN DE LA PIEZA	METAL	PESO	Nº DE PIEZA	DESCRIPCIÓN GENERAL
015-2020	6/01/2020	6/01/2020	Enero	100203201	DE SHELL LINER HIGH	AC-4H	3221	1	FISURA EN AREA DE TRABAJO (INGENIERIA-DESARROLLO)
050-2020	10/01/2020	10/01/2020	Enero	100203001	FEED SHELL LINER HIGH	AC-4H	3934	1	FISURA EN AREA DE TRABAJO (INGENIERIA-DESARROLLO)
097-2020	23/01/2020	23/01/2020	Enero	100203201	DE SHELL LINER HIGH	AC-4H	3221	2	FISURA EN ZONA DE ENSAMBLE
152-2020	3/02/2020	3/02/2020	Febrero	100203101	FE SHELL LINER LOW	AC-4H	3200	1	FISURA EN AREA DE TRABAJO (INGENIERIA-DESARROLLO)
179-2020	6/02/2020	6/02/2020	Febrero	100203001	FEED SHELL LINER HIGH	AC-4H	3934	2	FISURA EN AREA DE TRABAJO (INGENIERIA-DESARROLLO)
187-2020	10/02/2020	10/02/2020	Febrero	100203301	DE SHELL LINER LOW	AC-4H	2647	2	FISURA EN EL CANAL DE ENTRADA
245-2020	13/03/2020	21/02/2020	Marzo	100203201	DE SHELL LINER HIGH	AC-4H	3221	5	FISURA EN EL AREA DE TRABAJO (INGENIERIA - DESARROLLO)
271-2020	27/02/2020	27/02/2020	Febrero	100203101	FE SHELL LINER LOW	MC-4	3200	2	FISURA EN AREA DE TRABAJO (INGENIERIA-DESARROLLO)
308-2020	2/03/2020	2/03/2020	Marzo	100203001	FEED SHELL LINER HIGH	AC-4H	3934	4	FISURA EN AREA DE TRABAJO (INGENIERIA-DESARROLLO)

Fuente: (MEPSA)