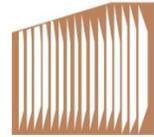




Universidad Central de Venezuela
Facultad de Agronomía
Especialización en
Gerencia de Sistemas de Calidad y
Control Estadístico de Procesos



**“ESTUDIO E LA VARIABILIDAD DE LAS CARACTERÍSTICAS CRITICAS
DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALÓN Y SUS
TAPAS, EN UNA EMPRESA DE PLÁSTICOS UBICADA EN EL ESTADO
ARAGUA”.**

Randelli, María Gabriela
Rodriguez, Edelsyx Gabriela

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	1
REVISIÓN DE LA LITERATURA	4
Proceso de inyección de envases plásticos 4 galones y sus tapas.....	4
Características de calidad del proceso de inyección.....	6
Especificaciones de los envases plásticos y tapas obtenidos en el proceso de inyección.	8
Clasificación de los principales defectos para envases y tapas plásticas.....	11
El Control Estadístico de Procesos (CEP) como herramienta de mejora.	12
Algunas herramientas empleadas en el Control Estadístico de Procesos.....	13
• Método de Decisión múltiple binaria (MDMB).	13
• Las gráficas o cartas de control.	16
• Diagrama de Ishikawa o causa y efecto.....	19
• Técnica de los cinco porqués.....	19
• Plan de mejoramiento.....	20
ANTECEDENTES.....	20
MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
Lugar de estudio	23
Definición de las características críticas de calidad del proceso de fabricación de los envases de 4 galones, y sus correspondientes tapas, molde de cavidades 4 y 5.....	23

Evaluación de la variabilidad de las características críticas del proceso, asociadas a las principales especificaciones de la calidad de los envases de 4 galones y las tapas cavidades 4 y 5.	26
Identificar las causas potenciales de variación de las características críticas de calidad del proceso de fabricación del envase de 4 galones y su respectiva tapa.	28
Establecer un plan de acciones correctivas orientadas a minimizar o eliminar las causas de variación asociadas a las características críticas de calidad en el proceso de fabricación de los envases de 4 galones y sus correspondientes tapas.	30
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	32
Definición de las características críticas de calidad del proceso de fabricación de los envases de 4 galones, y sus correspondientes tapas, molde de cavidades 4 y 5.....	32
Selección de los principales defectos de calidad de los envases de 4 galones y sus tapas en función de las características de calidad del proceso de fabricación.	32
Comparación de cada defecto de calidad con los demás en la base de uno a uno, para determinar cuál de los dos es el más importante, y determinación de los factores de peso para cada defecto de calidad de la matriz	34
Obtención de los factores de peso para cada defecto de calidad de la matriz.	35
Evaluación de las características de calidad del proceso de fabricación de los envases de 4 galones y sus tapas (parámetros operacionales).	36
Ponderación de la puntuación obtenida por el peso que tiene cada defecto dentro de la matriz de evaluación.....	39

Evaluación de la variabilidad de las características del proceso, asociadas a las principales especificaciones la calidad de los envases de 4 galones y las tapas cavidades 4 y 5.	42
Interpretación de series de tiempo en función de las características críticas de calidad de los envases de 4 galones.	43
Interpretación de graficas de tiempo en función de las características críticas de calidad de las tapas plásticas destinadas a envases de 4 galones.	50
Identificar las causas potenciales de variación de las características críticas de calidad del proceso de fabricación del envase de 4 galones y su respectiva tapa.	60
Diagramas de Ishikawa de los defectos en los envases de 4 galones y sus tapas.	61
Técnica de los 5 porqués	69
Establecer un plan de acciones correctivas orientadas a minimizar o eliminar las causas de variación asociadas a las características críticas de calidad en el proceso de fabricación de los envases de 4 galones y sus correspondientes tapas.	102
CONCLUSIONES	120
RECOMENDACIONES.....	122
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	124
A.1 Análisis del supuesto de Normalidad de las características críticas del proceso de fabricación de los envases 4 galones y sus respectivas tapas, empleando el método de Wilk-Shapiro.	129
A.2 Análisis estadístico de las cartas individuales y rango móvil de las características críticas del proceso de envases y tapas.	136

INDICES DE TABLAS

CUADRO N° 1. CAPACIDAD DE LOS ENVASES DE 1, 4 Y 5 GALONES	9
CUADRO N°2. ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5.	10
CUADRO N° 3. CLASIFICACIÓN DE DEFECTOS PARA ENVASES Y TAPAS.	11
CUADRO N°4. IDENTIFICACIÓN DE DEFECTOS DE LOS ENVASES DE 4 GALONES	33
CUADRO N°5. IDENTIFICACIÓN DE DEFECTOS DE LAS TAPAS PAILAS5....	34
CUADRO N°6. MATRIZ DE COMPARACIÓN DE CADA DEFECTO DE CALIDAD CON LOS DEMÁS, DE LOS ENVASES.6	34
CUADRO N°7 MATRIZ DE COMPARACIÓN DE CADA DEFECTO DE CALIDAD CON LOS DEMÁS, DE LAS TAPAS PAILAS.....	35
CUADRO N°8 ASIGNACIÓN DE LOS PORCENTAJES DE PESOS DE LOS DEFECTOS DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5.	35
CUADRO N°9. IDENTIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD(PARÁMETROS OPERACIONALES).	37
CUADRO N° 10 RESULTADOS DE LAS MATRICES DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DE LOS DEFECTOS DE LOS ENVASES DE 4 GALONES. (PONDERACIÓN DE PESO EN %).	38
CUADRO N°11.RESULTADOS DE LAS MATRICES DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD EN FUNCIÓN DE LOS DEFECTOS DE LAS TAPAS PAILAS. (PONDERACIÓN DE PESO EN %).	39
CUADRO N°12 PONDERACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LOS ENVASES DE 4 GALONES.	40
CUADRO N°13. CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DE CALIDAD DE LOS ENVASES DE 4 GALONES.	41

CUADRO N°14.PONDERACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS DE CALIDAD DE LAS TAPAS PARA ENVASES.	41
CUADRO N°15.CARACTERÍSTICAS CRÍTICAS DE CALIDAD DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y5.....	42
CUADRO N°16.TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA CLASIFICACIÓN INADECUADA DEL MATERIAL UTILIZADO EN ENVASES Y TAPAS	71
CUADRO N° 17.TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA AL MATERIAL HÚMEDO PRESENTE EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENVASES Y SUS TAPAS.	72
CUADRO N° 18. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA DISMINUCIÓN DE SUMINISTRO DE MATERIAL EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENVASES Y TAPAS.	73
CUADRO N° 19. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA CLASIFICACIÓN INADECUADA DE LOS ADITIVOS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE ENVASES Y TAPAS.....	74
CUADRO N° 20. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A POLÍTICAS INADECUADAS DE LA ORGANIZACIÓN, ENCARGADA DE LA FABRICACIÓN DE ENVASES 4 GALONES Y TAPAS.....	76
CUADRO N° 21. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA FALTA DE INSTRUCTIVOS DE TRABAJO U OPERACIÓN EN LA ORGANIZACIÓN, ENCARGADA DE LA FABRICACIÓN DE ENVASES 4 GALONES Y TAPAS.	77
CUADRO N° 22. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA CULTURA ORGANIZACIONAL DE LA ORGANIZACIÓN, ENCARGADA DE LA FABRICACIÓN DE ENVASES 4 GALONES Y TAPAS.....	788
CUADRO N° 23. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA INEXPERIENCIA DE LOS OPERADORES DE LA ORGANIZACIÓN,	

ENCARGADA DE LA FABRICACIÓN DE ENVASES 4 GALONES Y TAPAS.....	79
CUADRO N° 24.TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA ALTA ROTACIÓN DE PERSONAL DE LA ORGANIZACIÓN, ENCARGADA DE LA FABRICACIÓN DE ENVASES 4 GALONES Y TAPAS.....	800
CUADRO N° 25. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA DEFICIENCIA EN EL MANTENIMIENTO DE LA ORGANIZACIÓN, ENCARGADA DE LA FABRICACIÓN DE ENVASES 4 GALONES Y TAPAS.....	822
CUADRO N° 26.TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA FALTA DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO EN LA ORGANIZACIÓN, ENCARGADA DE LA FABRICACIÓN DE ENVASES 4 GALONES Y TAPAS.	833
CUADRO N° 27. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA INSUFICIENCIA DE MATERIAL EN LA CAVIDAD DEL MOLE, DE ENVASES 4 GALONES Y TAPAS.....	844
CUADRO N° 28. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA PRESIÓN LÍMITE DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE ENVASES 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	855
CUADRO N° 29.TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA VELOCIDAD DE INYECCIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE ENVASES 4 GALONES.....	877
CUADRO N°30.TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA CONTRAPRESIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE ENVASES 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	88
CUADRO N° 31. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA AL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE ENVASES 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	90
CUADRO N° 32.TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LAS TEMPERATURAS DE OPERACIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE ENVASES 4 GALONES.....	91

CUADRO N° 33. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA DOSIFICACIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE ENVASES 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	92
CUADRO N° 34. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA VELOCIDAD DE DOSIFICACIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE ENVASES 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	93
CUADRO N° 35. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA VELOCIDAD DE DESCOMPRESIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE ENVASES 4 GALONES.....	94
CUADRO N° 36. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA CONMUTACIÓN DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE ENVASES 4 GALONES.....	96
CUADRO N° 37. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA DESCOMPRESIÓN ANTES Y DESPUÉS DEL PROCESO DE INYECCIÓN DE ENVASES 4 GALONES.....	97
CUADRO N° 38. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA AL TIEMPO DE MANTENIMIENTO DE LAS TAPAS PARA ENVASES 4 GALONES.....	99
CUADRO N° 39. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADA A LA FALTA DE CALIBRACIÓN DE LOS EQUIPOS E INSTRUMENTOS QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	100
CUADRO N° 40. TÉCNICA DE LOS 5 PORQUÉS APLICADOS A LA FALTA DE RESOLUCIÓN DE LOS EQUIPOS Y MAQUINARIA QUE INTERVIENEN EN EL PROCESO DE INYECCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	101
CUADRO N° 41. PLAN DE MEJORA N° 1 DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MATERIALES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	104

CUADRO N° 42. PLAN DE MEJORA N° 2 DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MATERIALES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	105
CUADRO N° 43. PLAN DE MEJORA N° 3 DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MATERIAL EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	106
CUADRO N° 44. PLAN DE MEJORA N° 4 DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MATERIALES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	107
CUADRO N° 45. PLAN DE MEJORA N° 1 DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MÉTODOS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	108
CUADRO N° 46. PLAN DE MEJORA N° 2 DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MÉTODOS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	1099
CUADRO N° 47. PLAN DE MEJORA N° 3DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MÉTODO EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	1100
CUADRO N° 48.PLAN DE MEJORA DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MANO DE OBRA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	111
CUADRO N°49. PLAN DE MEJORA N° 1DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MAQUINARIA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	112
CUADRO N° 50. PLAN DE MEJORA N°2 DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MAQUINARIA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	113

CUADRO N° 51.PLAN DE MEJORA N° 3DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MAQUINARIAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	114
CUADRO N° 52. PLAN DE MEJORA N° 4 DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	115
CUADRO N° 53.PLAN DE MEJORA N° 5 DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MAQUINARIAS EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	116
CUADRO N° 54. PLAN DE MEJORA N° 6 DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MAQUINARIA EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	117
CUADRO N° 55.PLAN DE MEJORA N° 1 DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MEDICIONES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	118
CUADRO N° 56.PLAN DE MEJORA N° 2 DE LAS PRINCIPALES CAUSAS QUE OCASIONAN LAS FALLAS POR MEDICIONES EN EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.	119

INDICE DE FIGURAS

FIGURA N° 1. REPRESENTACIÓN DE LA MÁQUINA INYECTORA1	5
FIGURA N° 2. ENVASE PLÁSTICO2.....	8
FIGURA N° 3. ESPECIFICACIONES DEL ENVASE DE 4 GALONES.	10
FIGURA N° 4. ESPECIFICACIONES DE LA TAPA PAILA CAVIDAD 4 Y 5.....	10
FIGURA N° 5. REPRESENTACIÓN DE LA MATRIZ DE PESO DE LOS PARÁMETROS EN EL MDMB.	15
FIGURA N° 6. REPRESENTACIÓN DE LA MATRIZ DE SELECCIÓN POR EL MDMB.....	15
FIGURA N° 7. COMPONENTES DE UNA SERIE DE TIEMPO SEGÚN EL ENFOQUE CLÁSICO.	19
FIGURA N°8. MATRIZ DE LOS 5 POR QUÉ.....	30
FIGURA N° 9. MATRIZ DEL PLAN DE MEJORA.	31
FIGURA N°10 TIEMPO DE ENFRIAMIENTO DE LOS ENVASES 4 GALÓN PARA LOS TURNOS DIURNO Y NOCTURNO	43
FIGURA N°11 PRESIÓN DE MANTENIMIENTO N° 1 DE LOS ENVASES 4 GALONES PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	44
FIGURA N°12 PRESIÓN DE MANTENIMIENTO N° 2 DE LOS ENVASES 4 GALONES PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	45
FIGURA N°13 PRESIÓN DE MANTENIMIENTO N° 3 DE LOS ENVASES 4 GALONES PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	45
FIGURA N°14 DOSIFICACIÓN DE LOS ENVASES 4 GALONES PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	47
FIGURA N°15 PORCENTAJE DE MATERIAL Y ADITIVO DE LOS ENVASES 4 GALONES PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	48
FIGURA N°16 TIEMPO DE MANTENIMIENTO N°1DE LOS ENVASES 4 GALONES PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	49
FIGURA N°17 TIEMPO DE MANTENIMIENTO N°2 DE LOS ENVASES 4 GALONES PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	49
FIGURA N°18 TIEMPO DE MANTENIMIENTO N°3 DE LOS ENVASES 4 GALONES PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	50
FIGURA N°19 PRESIÓN DE MANTENIMIENTO N°1 DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5 PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	51
FIGURA N°20 PRESIÓN DE MANTENIMIENTO N°2 DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5 PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	52

FIGURA N°21 PRESIÓN DE MANTENIMIENTO N°3 DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5 PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	52
FIGURA N°22 PRESIÓN DE MANTENIMIENTO N°4 DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5 PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	53
FIGURA N°23. DOSIFICACIÓN DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5 PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	54
FIGURA N°24 TIEMPO DE ENFRIAMIENTO DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5 PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	55
FIGURA N°25 TIEMPO DE MANTENIMIENTO N°1 DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5 PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	57
FIGURA N° 26 TIEMPO DE MANTENIMIENTO N°2 DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5 PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	57
FIGURA N°27 TIEMPO DE MANTENIMIENTO N°3 DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5 PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	58
FIGURA N°28 TIEMPO DE MANTENIMIENTO N°4 DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5 PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	58
FIGURA N°29 CONTRAPRESIÓN DE LAS TAPAS PAILAS CAVIDAD 4 Y 5 PARA LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNOS.....	60
FIGURA N° 30. DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA EL DEFECTO DE PIEZA INCOMPLETA O REBABA EN LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	62
FIGURA N° 31. DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA EL DEFECTO DE DIMENSIONES Y ESPESOR DE PARED FUERA DE ESPECIFICACIONES EN LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	62
FIGURA N° 32. DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA EL DEFECTO DE APILAMIENTO NEGATIVO EN LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	63
FIGURA N° 33. DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA EL DEFECTO DE PUNTO INYECCIÓN EN LOS ENVASES DE 4 GALONES Y SUS TAPAS.....	63
FIGURA N° 34. DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA EL DEFECTO DE CAÍDA LIBRE E IMPACTO NEGATIVO EN LOS ENVASES DE 4 GALONES.....	66
FIGURA N° 35. DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA EL DEFECTO DE FONDO ONDULADO EN LOS ENVASES DE 4 GALONES.....	67
FIGURA N° 36. DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA EL DEFECTO DE COLOR FUERA DE PATRÓN EN LOS ENVASES DE 4 GALONES.....	67

FIGURA N° 37. DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA EL DEFECTO DE CIERRE NEGATIVO Y HERMETICIDAD NEGATIVA EN LAS TAPAS DE LOS ENVASES DE 4 GALONES.....	68
FIGURA N° 38. DIAGRAMA DE ISHIKAWA PARA EL DEFECTO DE ALABEO EN LAS TAPAS DE LOS ENVASES DE 4 GALONES.....	69
FIGURA N° 39. GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE LAS PRESIONES DE MANTENIMIENTO DE LOS ENVASES, EN LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNO.....	129
FIGURA N° 40. GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO DE LOS ENVASES, EN LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNO.....	130
FIGURA N° 41. GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE DOSIFICACIÓN DE LOS ENVASES, EN LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNO.....	130
FIGURA N° 42. GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE PORCENTAJE DE MATERIAL DE LOS ENVASES, EN LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNO.....	131
FIGURA N° 43. GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE PORCENTAJE DE ADITIVO DE LOS ENVASES, EN LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNO.....	131
FIGURA N° 44. GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE TIEMPO DE MANTENIMIENTO DE LOS ENVASES, EN LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNO.....	132
FIGURA N° 45. GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE PRESIÓN DE MANTENIMIENTO DE LAS TAPAS, EN LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNO.....	133
FIGURA N° 46. GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE DOSIFICACIÓN DE LAS TAPAS, EN LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNO.....	134
FIGURA N° 47. GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO DE LAS TAPAS, EN LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNO.....	134
FIGURA N° 48. GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DEL TIEMPO DE MANTENIMIENTO DE LAS TAPAS, EN LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNO.....	135

FIGURA N° 49. GRÁFICOS DE NORMALIDAD DE LOS DATOS DE CONTRAPRESIÓN DE LAS TAPAS, EN LOS TURNOS DIURNOS Y NOCTURNO.....	136
FIGURA N° 50. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN EL TURNO DIURNO.....	136
FIGURA N° 51. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN EL TURNO NOCTURNO	136
FIGURA N° 52. CARTAS DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTAS DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DE LAS PRESIONES DE MANTENIMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN EL TURNO DIURNO.....	137
FIGURA N° 53. CARTAS DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTAS DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DE LAS PRESIONES DE MANTENIMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN EL TURNO NOCTURNO	138
FIGURA N° 54. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DE LA DOSIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN EL TURNO DIURNO.....	139
FIGURA N° 55. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DE LA DOSIFICACIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN EL TURNO NOCTURNO	139
FIGURA N° 56. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DEL PORCENTAJE DE MATERIAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN EL TURNO DIURNO.....	140
FIGURA N° 57. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DEL PORCENTAJE DE MATERIAL DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN EL TURNO NOCTURNO	140
FIGURA N° 58. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DEL PORCENTAJE DE ADITIVO	

DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN EL TURNO DIURNO	140
FIGURA N° 59. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DEL PORCENTAJE DE ADITIVO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN EL TURNO NOCTURNO.....	141
FIGURA N° 60. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DEL TIEMPO DE MANTENIMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN EL TURNO DIURNO.....	142
FIGURA N° 61. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DEL TIEMPO DE MANTENIMIENTO DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE ENVASES EN EL TURNO NOCTURNO	143
FIGURA N° 62. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DE LA PRESIÓN DE MANTENIMIENTO DEL PROCESO DE LAS TAPAS, DEL TURNO DIURNO	144
FIGURA N° 63. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DE LA PRESIÓN DE MANTENIMIENTO DEL PROCESO DE LAS TAPAS, DEL TURNO NOCTURNO.....	145
FIGURA N° 64. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DE LA DOSIFICACIÓN DEL PROCESO DE LAS TAPAS, DEL TURNO DIURNO.....	146
FIGURA N° 65. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DE LA DOSIFICACIÓN DEL PROCESO DE LAS TAPAS, DEL TURNO NOCTURNO.	146
FIGURA N° 66. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO DEL PROCESO DE LAS TAPAS, DEL TURNO DIURNO	146
FIGURA N° 67. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DEL TIEMPO DE ENFRIAMIENTO DEL PROCESO DE LAS TAPAS, DEL TURNO NOCTURNO	147

FIGURA N° 68. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DEL TIEMPO DE MANTENIMIENTO DEL PROCESO DE LAS TAPAS, DEL TURNO DIURNO	147
FIGURA N° 69. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DEL TIEMPO DE MANTENIMIENTO DEL PROCESO DE LAS TAPAS, DEL TURNO NOCTURNO.....	148
FIGURA N° 70. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DELA CONTRAPRESIÓN DEL PROCESO DE LAS TAPAS, DEL TURNO DIURNO.....	149
FIGURA N° 71. CARTA DE CONTROL DE LAS MEDICIONES INDIVIDUALES Y CARTA DE CONTROL DE RANGO MÓVIL DE LA CONTRAPRESIÓN DEL PROCESO DE LAS TAPAS, DEL TURNO NOCTURNO	149

RESUMEN

El presente trabajo estudió de la variabilidad de las características críticas del proceso de fabricación de envases de 4 galones y sus tapas, en una línea de producción de una empresa de plástico, con el fin de disminuir las pérdidas por defectos de producción. El estudio se inició definiendo las características críticas de calidad del proceso de fabricación de los mismos, empleando el Método de Decisión Múltiple Binaria, resultando como características del proceso, en común para los envases y tapas: dosificación de material, presión de mantenimiento, tiempo de mantenimiento y tiempo de enfriamiento; y no comunes: el porcentaje de materiales y aditivos para los envases, y contrapresión para las tapas. Seguidamente se evaluó el comportamiento de estas características críticas, por medio de series de tiempo, evidenciándose fluctuaciones durante el período considerado, asociadas a la ocurrencia de defectos críticos en los envases y tapas, ya fueran estéticos y/o funcionales. Las causas potenciales de estos defectos fueron presentadas a través de los respectivos Diagramas de Ishikawa, identificándose sus causas raíces por medio de la técnica de los 5 porqués, aplicadas ambas herramientas con la participación de los ingenieros de producción, calidad y mantenimiento, supervisores, operadores, analistas y la gerencia general; resultando como principal causa raíz la falta de instructivos y manuales de operación y la falta de capacitación de los operarios de las máquinas. Finalmente, se formuló un plan de mejoramiento, según la metodología del Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior, a cumplirse en aproximadamente 2 años de gestión.

PALABRAS CLAVES: Envase, MDMB, plástico, SINAES, tapa, variabilidad, características críticas.

ABSTRACT

The present work studied the variability of the critical characteristics of the process of manufacturing 4 gallon containers and their lids in a production line of a plastic company in order to reduce losses due to production defects. The study began by defining the critical quality characteristics of the manufacturing process, using the Binary Multiple Decision Method, resulting in common characteristics of the process, for the containers and lids: material dosage, maintenance pressure, maintenance time and cooling time; and as uncommon: the percentage of materials and additives for the containers, and back pressure for the lids. The behavior of these critical characteristics was evaluated by means of time series, showing fluctuations during the period considered, associated to the occurrence of critical defects in the containers and lids, whether these were esthetic and/or functional. The potential causes of these defects were presented through the respective Ishikawa Diagrams, identifying their root causes through the technique of the 5 reasons, this tools were applied with the participation of production, quality and maintenance engineers, supervisors, operators, analysts and general management, resulting as a main cause the lack of instructions and operating manuals, and the lack of training of machine operators. Finally, an improvement plan was formulated, according to the methodology of the National System of Accreditation of Higher Education, to be fulfilled in approximately 2 years of management.

KEYWORDS: Packaging, MDMB, plastic, SINAES, cap, variability, critical characteristics.

INTRODUCCIÓN

Hoy en día cada casa, vehículo, oficina o fábrica, contiene una gran cantidad de diferentes artículos que han sido fabricados con plástico (cita?). Uno de los artículos más demandados en las diferentes áreas del sector industrial son recipientes, los cuales permiten almacenar una gran variedad de productos. El reciente auge se debe a que el plástico es un producto económico que permite desarrollar nuevas oportunidades para mejorar los procesos y expectativas que van desde la utilización de nuevos materiales, la reutilización y reciclaje, disminución del peso del producto, reducción de costos, uso de menos energía en los procesos de producción, entre otras.

Existen diferentes procesos de producción de piezas plásticas. El más utilizado para elaborar los envases es el moldeo por inyección; el cual consiste, básicamente en fundir un material plástico en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en las cavidades de un molde, donde se enfría hasta una temperatura a la que las piezas puedan ser extraídas sin deformarse (Beltrán y Marcilla, 2012).

En Venezuela se ha observado una clara tendencia a preferir los productos de plástico porque son más económicos. La industria venezolana del plástico ha venido creciendo desde 2009. Se estima que se han creado unas 50 empresas por año (Dell' Ogllo, 2013).

La creciente demanda de envases plásticos y el aumento en la producción del mismo, han hecho que las empresas mejoren su tecnología y optimicen sus procesos de producción para poder ofrecer a los clientes un producto que cumpla con sus expectativas.

En Venezuela, particularmente, esta demanda proviene principalmente de las industrias de la pintura, aceites hidráulicos y/o derivados del petróleo, en las cuales es muy común el uso de recipientes de plástico de 4 y 5 galones, para envasar su producto, siendo la hermeticidad del envase una de las principales características de calidad que exigen estas industrias.

Al respecto, la Norma COVENIN 1917, define como envase hermético aquel que durante las diferentes etapas de su utilización y en condiciones normales de transporte y almacenamiento, no presenta fugas o escapes, garantizando así el contenido total.

Otras características de calidad que deben estar presentes en los envases y las tapas son la resistencia, la compatibilidad química, y un óptimo acabado estético. (Corporación Lelli de Venezuela. C.A, 2014).

Según data histórica de la empresa donde fue desarrollada la investigación, los defectos estéticos más comunes en el envase son: La mancha de humedad en el cuerpo, ondulamiento en el fondo y rebaba en la boca; en las tapas se pueden presentar las burbujas en el precinto, rebaba en la falda de la tapa y punto de inyección alto; sin embargo, y aun cuando en ciertos casos, algunos de estos defectos pueden ser ignorados por el cliente, como es el caso de la mancha de humedad, hay otros como la rebaba en ambas piezas (Tapa y envase), que aumentan el peso de las mismas y las deforman estéticamente, ocasionando no solo pérdida de material durante el proceso de producción sino más importante aún, que el cliente rechace la producción, generado desconfianza por parte de éste y las consecuencias incalculables que ello implica.

Según estadísticas de la empresa donde se realizó el estudio, para el año 2014 se reportó una producción de envases plásticos de 4 galones de 156.312 unidades en 11 meses consecutivos, mientras que la producción de tapas para dichos

envases fue de 214.032 unidades, de ambas cavidades, en 3 meses consecutivos de producción. Durante ese periodo los clientes externos de la empresa, rechazaron 14.003 envases, de los cuales un 37% fue por defectos estéticos causados por mala adherencia de etiquetas u ondulamiento en el fondo del envase, 51% por rebaba o por pieza incompleta, 10 % por desviación del color y 2% por defectos no clasificados. En el caso de la tapas pailas el rechazo fue de 1.548 unidades, con un 0,065% rechazadas por defecto de alabeo, 41,21% por rebaba o incompletos, 56 % por desviación del color y 2.7% por defectos no clasificados.

Del mismo modo, para el año 2015, el periodo de producción de los envases fue de 8 meses y se fabricaron 158.418 unidades; mientras que el periodo de producción de tapas para pailas de ambas cavidades fueron 4 meses, para un total de 228.219 unidades. El número de unidades de envases rechazados fue de 7.774, con un 42% de envases rechazados por defectos estéticos causados por mala adherencia de etiquetas u ondulamiento en el fondo del envase, 49% por rebaba o pieza incompleta, 5% por desviación de color, y 4% por defectos no clasificados. El número de tapas pailas rechazadas fue de 971 unidades: 22,97% por rebaba o piezas incompletas, 58,50% por desviación del color y 18,54% por defectos no clasificados.

Cada pieza es fabricada en una máquina de inyección, bajo condiciones operacionales, criterios de calidad y mezclas de materiales y/o aditivos diferentes, lo que hace cada proceso inherente a su producto.

De este modo, en la búsqueda de la satisfacción de los requerimientos de los clientes, en la presente investigación, se plantea como objetivo general: Estudiar la variabilidad de las características críticas en el proceso de fabricación de los envases de 4 galones y sus tapas, en la línea de producción de una empresa de

plástico ubicada en el estado Aragua; desglosándose en los siguientes objetivos específicos:

1. Definir las características críticas de calidad del proceso de fabricación de los envases de 4 galones, y sus correspondientes tapas.
2. Evaluar la variabilidad de las características críticas del proceso, asociadas a las principales especificaciones de calidad de los envases de 4 galones y sus tapas.
3. Identificar las causas potenciales de variación de las características críticas de calidad del proceso de fabricación del envase de 4 galones y su respectiva tapa.
4. Establecer un plan de acciones correctivas y/o preventivas orientadas a minimizar o eliminar las causas de variación asociadas a las características críticas de calidad en el proceso de fabricación de los envases de 4 galones y sus correspondientes tapas.

REVISIÓN DE LA LITERATURA

Proceso de inyección de envases plásticos 4 galones y sus tapas.

La empresa de fabricación de envases plásticos y accesorios, ubicada en el estado Aragua, donde fue desarrollada la investigación, enfoca su proceso productivo en el moldeo por inyección de polímeros para la obtención de envases plásticos de 4 galones, junto a sus tapas y accesorios.

El moldeo por inyección es un proceso en el que un polímero se calienta hasta su correspondiente punto de fundición y se hace fluir bajo alta presión dentro de la cavidad de un molde donde solidifica (Groover, 1997).

La maquinaria encargada de realizar el proceso de inyección recibe el nombre de “INYECTORA”, y posee las siguientes partes: Tolvas de alimentación, cargador o

alimentador, dosificador, unidad de inyección o cañón, prensa o unidad de cierre, manipulador industrial o robot. (Manual Técnico BMB KW70PI, 2008).

Una representación de la máquina inyectora se ilustra en la Figura N°1, que se muestra a continuación:

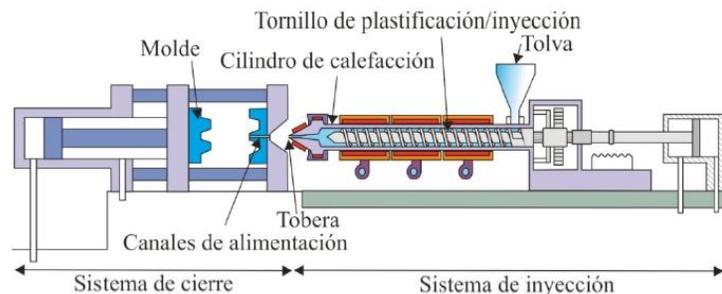


Figura N° 1. Representación de la máquina inyectora (Fuente: Beltrán y Marcilla, 2012).

Las tolvas de alimentación, son contenedores de forma cónica o rectangular que permiten la alimentación constante de materia prima al mezclador mediante el cargador o alimentador, que es una bomba que succiona el polímero directamente de sacos u otros contenedores y lo deposita en la tolva del mezclador o dosificador. La función principal del dosificador, es repartir y mezclar en forma automática las proporciones de materia prima (polímeros y pigmentos) a ser depositadas en la unidad de inyección, para que posteriormente esta unidad se encargue de fundir, mezclar e inyectar el material fundido a la cámara de calefacción. (Manual Técnico BMB KW70PI, 2008).

El polímero recibido desde el dosificador, ingresa a la cámara de calefacción que posee forma cilíndrica, donde es calentado hasta que se funde. En su interior se encuentra un tornillo sin fin llamado “husillo” que realiza dos funciones: la mezcla de la materia prima fundida en forma homogénea mediante su rotación, y el traslado del material hacia la punta, de forma que el material fundido sea depositado en el molde. (Manual Técnico BMB KW70PI, 2008).

Para el instante en que es inyectado el material fundido al molde, la unidad de cierre o prensa hidráulica móvil, permite su cierre. Al momento de la apertura de la unidad de cierre, con la ayuda de los expulsores y soplos del molde, es posible retirar el producto en estado sólido y en algunos casos, si se cuenta con ello, se emplea el manipulador automático o robot para retirar y organizar el producto obtenido, (Manual Técnico BMB KW70PI, 2008).

Características de calidad del proceso de inyección.

Se conocen como características o parámetros de calidad del proceso inyección, las siguientes:

Velocidad de plastificación o dosificación: es la velocidad que se controla por las revoluciones por minuto del husillo o tornillo en el momento de la plastificación, (Manual Técnico BMB KW70PI, 2008).

Velocidad de Inyección: Es la velocidad con que es alimentada la cavidad del molde a producir (Molina, 2005). La velocidad de inyección dependerá de la viscosidad del polímero, las condiciones del molde, el tamaño y número de puntos de entrada de material, el tamaño de los canales o venas de alimentación del material, las salidas de aire en el molde, la temperatura de la masa fundida y del molde y el acabado de la pieza.

Velocidad de descompresión: Es la velocidad con que el husillo se hace para atrás con la finalidad de liberar la presión ejercida sobre el plástico de manera que no escurra el material al momento de abertura del molde, (Manual Técnico BMB KW70PI, 2008).

Primera presión de inyección: Es la presión requerida para vencer las resistencias que el material fundido produce a lo largo de su trayectoria,

corresponde a la fase de llenado del molde. (Manual Técnico BMB KW70PI, 2008).

Segunda presión de inyección o presión de mantenimiento: Tiene como objeto mantener bajo presión el material fundido que se solidifica y se contrae en la cavidad del molde (Manual Técnico BMB KW70PI, 2008).

Contrapresión: Es aplicada sobre el husillo y tiene como función mejorar el mezclado y lograr una adecuada homogenización del plástico. (Manual Técnico BMB KW70PI, 2008).

Temperatura del cilindro de plastificación y de la boquilla: Determina las propiedades estructurales de una pieza moldeada, por lo que debe ser constante y uniforme, ya que controla la densidad y contracción. (Manual Técnico BMB KW70PI, 2008).

La temperatura del molde: La temperatura depende de la temperatura de reblandecimiento del plástico, del sistema de expulsión y de la geometría de la pieza (Manual Técnico BMB KW70PI, 2008).

Distancia de dosificación (inyección): Son los milímetros de material inyectado en función del volumen (cm³) y la unidad de plastificación. (Manual de inyección de plástico 2016)

El espesor del colchón: Son los milímetros de material que deben permanecer constantes en la punta del husillo, para garantizar una repetitividad en el proceso (Manual de inyección de plástico 2016)

Tiempo de mantenimiento: Es el tiempo en que permanece activa la postpresión, o segunda presión. (Manual de inyección de plástico 2016)

Tiempo de plastificación: Es el tiempo requerido para llevarse a cabo la fusión del material, hasta llevarlo a un estado líquido viscoso (Manual de inyección de plástico 2016)

Tiempo de enfriamiento: Es el tiempo para acabar de solidificar la pieza, y acaba cuando el molde se abre para expulsar la pieza (Manual de inyección de plástico 2016)

Fuerza de cierre: Es la fuerza ejercida sobre el molde antes de inyectar (Manual de inyección de plástico 2016)

Especificaciones de los envases plásticos y tapas obtenidos en el proceso de inyección.

Los envases plásticos obtenidos, son recipientes de boca ancha, en los que se envasan productos líquidos, sólidos, pastas, gránulos o polvo, y están formados de acuerdo a la Norma COVENIN 3925, por los siguientes elementos: Base, corona o anillo, boca, cuerpo, tapa y asa, ilustrados en la Figura N° 2.

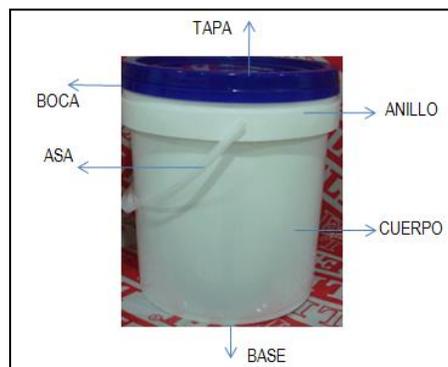


Figura N° 2. Envase plástico(Fuente: Yáñez, 2013)

Existe una variedad de envases, con diferentes tamaños, en el Cuadro N°1, se mencionaran algunos y la capacidad de los mismos:

Cuadro N° 1. Capacidad de los envases de 1, 4 y 5 galones

Capacidad Nominal		Capacidad Real Mínima
Litros	Galones	Litros
3.785	1	3.936
15.141	4	15.747
18.925	5	19.682

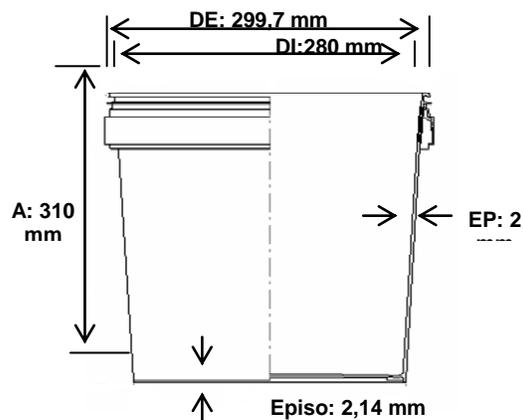
Fuente: Yánez, (2013)

El envase de capacidad 4 galones (15.747 L), es el objeto en estudio de este trabajo.

En lo que respecta a las tapas, la Norma COVENIN 3925 establece que, según sea su diseño, están conformadas por: falda, fondo, pared vertical, anillo de encaje, anillo de agarre, caja, nervios y precinto de seguridad.

Las tapas destinadas a los envases de 4 galones fabricados en Corporación Lelli de Venezuela, provienen de un molde gemelo de doble cavidad. Los moldes pueden estar diseñados como cavidad sencilla o cavidades múltiples. En este caso, el molde genera una doble cavidad, de donde se obtiene la tapa cavidad 4 y la tapa cavidad 5 en paralelo, cada una con especificaciones propias del comportamiento de cada cavidad, aun cuando sus valores se asemejen.

Unas de las características de calidad del producto final más importantes del proceso de inyección, es el peso y las dimensiones, siendo estos un indicativo del buen comportamiento de las variables del proceso. En estos procesos de fabricación se exigen estrechas tolerancias dimensionales por ser parte de un ensamblaje, envase y tapa, evitando el riesgo de un acoplamiento negativo. (Manual Técnico BMB KW70PI, 2008). Las especificaciones de los envases de 4 galones, aparecen reseñadas en la Figura N° 3, que se muestra a continuación:



CARACTERÍSTICAS	RANGO	PROMEDIO
PESO (g)	797-731	759
DIÁMETRO INTERNO (mm)	282-279	280
DIÁMETRO EXT. :DE(mm)	300-299	299,7
ALTURA:A (mm)	311-308	310
ESPELOR DE PARED: EP (mm)	2,7-2	2,2
ESPELOR DE FONDO: piso (mm)	2,27-2,03	2,14
MOLDE	ME-G4-02	
COLORES	BLANCO, AMARILLO, NEGRO, PLAIN, ROJO.	

Figura N° 3. Especificaciones del envase de 4 galones. Fuente: Yáñez, (2013)

Las especificaciones de calidad de las tapas cavidades 4 y 5, destinadas a los envases de 4 galones, se resumen en la figura 4 y en el Cuadro N°2, que se tienen a continuación:

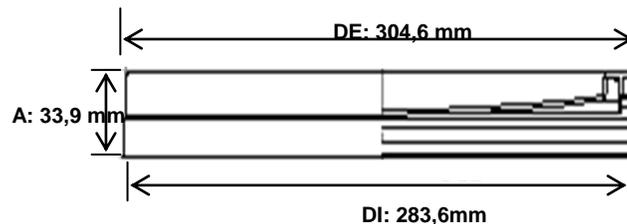


Figura N °4. Especificaciones de la tapa paila cavidad 4 y 5Fuente: Yáñez, (2013)

Cuadro N°2. Especificaciones técnicas de las tapas pailas cavidad 4 y 5

MOLDE: CAVIDAD 4			MOLDE: CAVIDAD 5		
CARACTERÍSTICAS	RANGO	PROMEDIO	CARACTERÍSTICAS	RANGO	PROMEDIO
PESO (g)	280-263,2	271,3	PESO (g)	287,1-270	277,22
DIÁMETRO INTERNO (mm)			DIÁMETRO INTERNO (mm)		
0 HORAS	285-282,9	283,9	0 HORAS	285,95-282,6	283,6
24 HORAS	283,7-283,03		24 HORAS	283,9-283,43	
DIÁMETRO EXT. (mm)	304,9-303,5	304,6	DIÁMETRO EXT. (mm)	304,9-303,5	304,6
ALTURA (mm)	34,1-33,7	33,9	ALTURA (mm)	34,1-33,7	33,9
ESPELOR (mm)	2,7-2	2,4	ESPELOR (mm)	2,7-2	2,4
COLORES	BLANCO, AZUL, ROJO, NEGRO		COLORES	BLANCO, AZUL, ROJO, NEGRO	

Fuente: Yáñez, (2013)

Clasificación de los principales defectos para envases y tapas plásticas.

La Norma COVENIN 1917-88, define como defecto, cualquier característica o condición de los envases plásticos que no está en conformidad con los requerimientos específicos para dicho producto, los cuales se clasifican en menores, mayores o críticos.

El perfecto acoplamiento de ambas piezas, envase y tapa, proporciona un producto hermético; no obstante, el mal acoplamiento entre estas piezas o la presencia de fallas en los envases y tapas es considerado como un defecto de calidad, según la Norma COVENIN 3925, como se ilustra en el Cuadro N°3.

Cuadro N°3. Clasificación de defectos para envases y tapas

TIPO DE DEFECTO	PIEZA MOLDEADA (Envases de 1; 2,5; 4 y 5 galones)	PIEZA MOLDEADA (Tapas para envases de 1; 4 y 5 galones)
CLASE A (CRÍTICO)	<ul style="list-style-type: none"> - Piezas incompletas. - Borde superior inclinado. - Borde superior golpeado o doblado. - Fondo ondulado. - Punto de inyección fallo, largo o deformado. - Postizo del asa tapado. - Venas en pared. - Contaminación por óxido, aceite o sucio. - Dimensiones y espesor fuera de especificación. - Caída libre e impacto negativos. - Apilamiento negativo. 	<ul style="list-style-type: none"> - Piezas incompletas. - Borde golpeado o doblado. - Sucio interno ó externo: óxido, aceite o grasa. - Alabeo. - Inserto deformado, incompleto o fisurado. - Pestañas de ajuste deformadas. - Punto de inyección fallo ó largo. - Anillo picado. - Apilamiento incorrecto. - Pico vertedero mal colocado. - Deformaciones en el acabado, (expulsores marcados, nervios estirados y rotos). - Puntos de contaminación, sombras de humedad. - Dimensiones y peso fuera de especificación. - Cierre y hermeticidad negativos. - Unidades incompletas.
CLASE B (MAYOR)	<ul style="list-style-type: none"> - Rebaba en la posición de las mordazas, borde superior y/o inferior. - Mala plastificación. - Color fuera de patrón. - Puntos negros. 	<ul style="list-style-type: none"> - Rebaba. - Mala plastificación. - Color fuera de patrón.
CLASE C (MENOR)	<ul style="list-style-type: none"> - Sellos incorrectos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Sellos incorrectos.

Fuente: Norma COVENIN 3925.

A continuación se definen algunos defectos según la Norma COVENIN 3925:

- **Rebabas:** Es el resalto que se forma por exceso de material en ciertos envases en los puntos que corresponden a las puntas del molde.

- **Deformación y alabeo en las piezas moldeadas:** Son consecuencia de las tensiones internas producto de la orientación y el enfriamiento del material. Esto origina diferencias en contracción a lo largo de la línea de flujo y en la dirección perpendicular al flujo. También se produce este defecto cuando en la pieza hay zonas delgadas rodeadas por lados de secciones más gruesas.
- **Rechupes:** Son una excesiva contracción de la pieza que ocurre cuando el material se encuentra demasiado caliente en el momento en que se solidifica la cavidad.
- **Líneas de soldadura o flujo:** Resultan de la unión de dos o más frentes de flujo de polímero, produciendo un área de diferente morfología y propiedades. En esta zona, las propiedades mecánicas son menores comparadas con las del conjunto.
- **Compatibilidad:** se refiere a las interacciones producto/envase, que pueden ocurrir durante el almacenamiento y la distribución. Por lo tanto, la compatibilidad depende de la naturaleza del producto a envasar, del envase como tal y de las acciones de manejo del producto envasado durante su comercialización.
- **Envase Hermético:** envase que durante las diferentes etapas de su utilización y en condiciones normales de transporte y almacenamiento, no presenta fugas o escapes, garantizando así el contenido total.

El Control Estadístico de Procesos (CEP) como herramienta de mejora.

El control estadístico de proceso, (CEP), es un conjunto de herramientas muy útiles para conseguir la estabilidad y mejorar la capacidad del proceso mediante la reducción de la variabilidad de las características involucradas en él.

La mayoría de las organizaciones encuentran difícil y costoso ofrecer al cliente productos con características de la calidad que sean idénticas de una unidad a otra o estén en niveles que cumplan con las expectativas del consumidor. A esto se le llama variabilidad. (Montgomery, 2014).

En cualquier proceso de producción, independientemente de lo adecuado que sea su diseño o de la atención que se preste a su mantenimiento, siempre existirá cierta cantidad de variabilidad inherente o natural, esta variabilidad natural, o “ruido de fondo” es el efecto acumulado de muchas causas pequeñas y en esencia inevitables. A esta variación natural se le denomina un “sistema estable de causas fortuitas”. Se dice que un proceso que opera sólo con causas fortuitas de variación está bajo control estadístico.

En ocasiones puede presentarse otro tipo de variabilidad en un proceso, originada de tres fuentes: máquinas ajustadas o controladas incorrectamente, errores del operador o materia prima defectuosa, en general es una variabilidad mayor, a esta variabilidad se le denomina “causas asignables”, se dice que un proceso que opera con causas asignables esta fuera de control es CEP (Montgomery, 2014).

Algunas herramientas empleadas en el Control Estadístico de Procesos. A continuación se mencionan algunas herramientas que se emplean en el control estadístico de procesos:

- **Método de Decisión múltiple binaria (MDMB).**

El MDMB se utiliza para asignar los factores de peso a los diferentes parámetros que comprende una matriz de evaluación así como también se usa para seleccionar, entre diferentes alternativas propuestas, la más favorable de acuerdo a una puntuación obtenida a través del método (Hernández y Rocco 2013).

El Análisis multicriterio favorece la toma de decisiones en forma explícita, racional y justificable para determinar una "calidad" agregada que sintetice los múltiples criterios (Hobbs y Meier, 1994).

Su utilización permite orientar al investigador y agentes activos en la caracterización del problema bajo cuatro premisas básicas: Problemática de descripción, problemática de jerarquización, problemática de selección y problemática de categorización (Carrasquero et al., 2004 y Ramos et al., 2004)

La decisión se presenta entonces como un proceso de sinergia, en el que existe una orientación al trabajo en grupo, búsqueda del consenso, y donde se señalan los factores que pudiesen incidir en la evaluación deseada (falta de motivación, desconocimiento de problema, entre otros) en congruencia con los objetivos del trabajo planteado (Hernández, 2008; Hernández y Rocco, 2012).

Esta etapa dicta las condiciones para asegurar la pertinencia del conjunto de criterios que servirá de base para evaluar las alternativas. Inicialmente, se procede a ubicar el objetivo focal del sistema y después se ubican los criterios en forma coherente con la participación y adhesión de todos los agentes activos. Los agentes activos participan en la interacción, indican cuáles son los atributos pertinentes para evaluar el problema de tal manera que sean los más diversos y que no exista redundancia, definen las magnitudes y las relaciones entre ellos y además señalan si las alternativas pueden ser medidas con los criterios seleccionados. (Carrasquero *et al.*, 2004).

Inicialmente se seleccionan los parámetros que interesan para las alternativas propuestas, a estos parámetros seleccionados se les asigna un peso. La técnica compara cada parámetro con los demás en la base de uno a uno, siendo "1" el más importante y "0" el menos importante, para obtener los factores de peso para

cada parámetro de la matriz, como se ilustra en la Figura N° 5, presentada a continuación:

	A	B	C	D	SP	Peso
A	-	1	1	1	3	50,0%
B	0	-	1	0	1	16,6%
C	0	0	-	1	1	16,6%
D	0	1	0	-	1	16,6%
ST=					6	

Figura N° 5. Representación de la matriz de peso de los parámetros en el MDMB.(Hernández y Rocco, 2013)

Obtenidos los factores de peso, se evalúan las alternativas entre sí. Así pues, para el parámetro A se comparan las alternativas I y II, luego II y III y así hasta la alternativa n. El procedimiento se repite para todos los otros parámetros y se va obteniendo una puntuación de alternativa por parámetro.

Finalmente; se tiene la puntuación parcial por alternativa para cada parámetro y se pondera la puntuación obtenida por el peso que tiene cada parámetro dentro de la matriz de evaluación, hasta obtener una matriz como la ilustrada en la Figura N° 6, que permite elegir la alternativa con mayor puntuación (Hernández y Rocco 2013).

	Peso	ALT I	ALT II	ALT III
PARAMETRO A	33.3	11.1	22.2	0
PARAMETRO B	16.6	5.5	11.1	0
PARAMETRO C	16.6	11.1	0	5.5
PARAMETRO D	33.3	22.2	0	11.1
PUNTUACIÓN	100.0	49.9	33.3	16.6

Figura N° 6. Representación de la matriz de selección por el MDMB.(Hernández y Rocco, 2013)

Para Fijar el criterio de puntuación de cada factor, se debe definir una escala de valoración para puntuar los diferentes factores, comparándolos con el resto, para

cada uno de los criterios. La escala debe ser sencilla: 1 a 5 o del 1 a 10. (Roche y Vejo, 2005).

Aunque el método de decisión múltiple binaria, no es una herramienta formal de control estadístico de proceso, ella ha sido empleada anteriormente y con éxito en la escogencia priorizada de factores cuando éstos son muy numerosos, por lo que se incluyó en la presente investigación para tales fines.

- **Las gráficas o cartas de control.**

Las gráficas de control tienen tres aplicaciones básicas: establecer un estado de control estadístico, hacer seguimiento de un proceso e indicar cuando éste sale de control y determinar la capacidad del proceso. Dentro de esta herramienta pueden distinguirse varios tipos, cuyo empleo vendrá dado básicamente por el objetivo de la carta, el tipo de característica de calidad que se desea graficar y la naturaleza del proceso (Evans y Lindsay, 2008).

En la práctica lo que se desea controlar con estas cartas es el valor promedio de la característica de calidad así como su variabilidad. Estos controles se hacen a través de gráficas de control para el monitoreo del nivel medio del proceso, en donde se utilizan medidas de tendencia central como la media (Cartas X) y cartas de control para el monitoreo de la dispersión del proceso, en donde se utilizan medidas como la desviación estándar (Cartas S) y los rangos (Cartas R) (Lagos y Vargas, 2003).

No obstante, en muchas situaciones sólo se pueden tomar muestras de tamaño $n = 1$ en cada tiempo, característica propia de procesos continuos o en línea donde la recolección de datos se hace a través de maquinaria sofisticada que permite acumular grandes cantidades de información en cualquier momento, procesos donde la tasa de producción es lenta o también aquellos en donde las mediciones

repetidas difieren únicamente por errores de laboratorio o de análisis, donde es muy frecuente encontrar distribuciones no normales (Montgomery, 2014).

En este contexto, la carta de individuales es un diagrama para variables de tipo continuo, pero en lugar de aplicarse a procesos semimasivos o masivos, como es el caso de la carta $\bar{X} - R$, se emplea en procesos lentos, en los cuales para obtener una muestra de la producción se requerirían periodos relativamente largos y procesos en los que las mediciones cercanas solo difieren por el error de medición (características de proceso homogéneas), entre otros. Todo lo que hace más razonable hacer el control basándose directamente en las mediciones individuales. La carta de rangos móviles se emplea como complemento de la carta de individuales, donde se grafica el rango móvil para detectar cambios en la dispersión del proceso (Gutiérrez y Salazar, 2009).

Sin embargo, este tipo de carta de control presenta problemas cuando el supuesto de normalidad sobre el cual están construidas no se satisface, ya que asumir normalidad cuando no se está seguro de ella puede llevar a tomar decisiones erróneas como declarar un proceso fuera de control cuando en realidad no lo está, incrementando el riesgo tipo I, o por el contrario incrementando el riesgo tipo II cuando se declara un proceso bajo control estadístico sin estarlo. Una alternativa es hacer uso de transformaciones que permitan llevar los datos a una distribución normal (Lagos y Vargas, 2003).

Cuando ello no es posible, una recomendación para aprovechar la información atrapada por las observaciones que no pueden ser tratadas a través de una carta de individuales, podría ser el uso de gráficos de tiempo, con los que se busca en un sentido general, identificar un patrón de comportamiento de un conjunto de observaciones recabadas durante un período de tiempo dado, muy común en

análisis técnicos financieros y muchas otras áreas, entre ellas el control de procesos. En estos casos se considera una variable que exprese la calidad del proceso y las observaciones resultantes de su medición se representan en un sistema de ejes cartesianos en función al tiempo, de modo que cuando se aleja de un determinado valor límite, fijado básicamente de acuerdo a la tolerancia de las especificaciones, entonces deben efectuarse las correcciones oportunas sobre el proceso.

En este tipo de gráficas, las tendencias frecuentemente se dividen en tendencias de largo plazo o tendencia principal, de mediano plazo o tendencia intermedia y de corto plazo o tendencia inmediata. En realidad, existe un sinfín de tendencias, desde las de muy corto plazo, que son vigentes por minutos u horas, hasta las tendencias que se desarrollan durante cincuenta años o más. Para la teoría de Dow, una tendencia de largo plazo se desarrolla por más de un año, mientras que una de mediano plazo tiene una duración de tres semanas a tres meses, y una de corto plazo tiene una duración menor a tres semanas (Herrero de Egaña, 1999). Con esta herramienta los estudios de tendencias pueden hacerse a través de distintos métodos, dentro de los cuales se menciona el método gráfico como el más elemental; siendo que con éste se intenta describir la tendencia expresada por los datos a partir de la representación gráfica de la serie cronológica. Para ello se hace necesario conocer que la tendencia se presenta como un movimiento de larga duración que expresa el comportamiento general de la serie en el tiempo, pudiendo ser estacionaria, ascendente o descendente con una directriz lineal o curva. Las variaciones estacionales pueden identificarse en una gráfica de tiempo al ocurrir las observaciones de manera asociada a un período particular dentro del espacio cronológico considerado. Las variaciones residuales o aleatorias también son propias de este tipo de gráfico y se presentan cuando las observaciones responden a la aparición de hechos imprevistos provocados por factores externos y aleatorios. Este componente es prácticamente impredecible. Este

comportamiento representan todos los tipos de movimientos de una serie de tiempo que no son tendencia, variaciones estacionales ni fluctuaciones cíclicas. (Ríos, 2016).

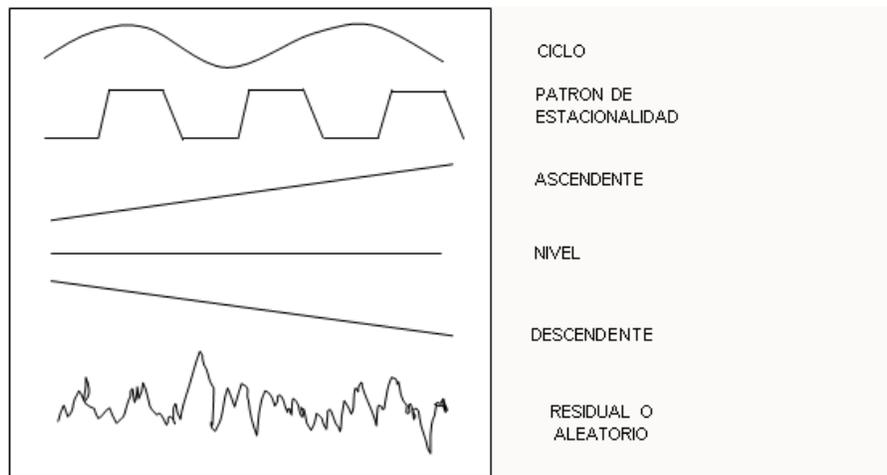


Figura N° 7. Componentes de una serie de tiempo según el enfoque clásico. (Ríos, 2016)

- **Diagrama de Ishikawa o causa y efecto.**

Es un método gráfico que relaciona un problema o efecto con los factores o causas que posiblemente lo generan. Existen tres tipos básicos de diagramas de Ishikawa, los cuales dependen de cómo se buscan y se organizan las causas en la gráfica. Dentro de éstos, el método de las 6M's consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales (6M): métodos de trabajo, mano o mente de obra, materiales, maquinarias, medición y medio ambiente (Gutiérrez y Salazar 2009).

- **Técnica de los cinco porqués.**

Es una técnica sistemática de preguntas utilizada durante la fase de análisis de problemas para buscar sus posibles causas principales. La técnica requiere que se pregunte “por qué” al menos cinco veces, o se trabaje a través de cinco niveles

de detalle, momento en que la causa más probable habrá sido identificada (Asociación Española para la Calidad, 2016).

- **Plan de mejoramiento**

Existen varios esquemas de trabajo para elaborar un plan de mejoramiento, entre ellos se tiene la metodología sugerida por el Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior (SINAES), la cual propone establecer e identificar los siguientes componentes:

- ✓ Debilidad o necesidad: Debe expresarse con claridad y sencillez en qué consiste.
- ✓ Objetivo: Representa el estado del sistema que se pretende alcanzar (o que se alcanzaría) al superar las debilidades actuales
- ✓ Acciones: Son las actividades y tareas que permitirán reducir la brecha entre la situación actual y la deseada.
- ✓ Indicadores: Son muestras observables de que se avanza hacia el objetivo deseado, o que el objetivo se ha alcanzado. Al verificar el cumplimiento del plan de mejoramiento, el punto de referencia serán los indicadores (SINAES, 2016).

ANTECEDENTES

Moscoso y Yalan (2013), quienes utilizaron la herramienta seis sigmas basadas en la metodología DMAIC para mejorar la calidad en los diferentes procesos operativos y administrativos, en una empresa encargada de la fabricación de bolsas plásticas. El método involucró la aplicación de herramientas como la casa de la calidad, diagramas de causa y efecto, gráficos de control de “P”, entre otros. Gracias a la metodología implementada se logró aumentar la productividad de un 51% a 77%, un aumento del nivel sigma de la empresa de 2.87 a 3.08 y una reducción de los costos de calidad de la empresa de un 6.00%.

Otro estudio de interés es el realizado por Pérez (2012), propuso en su investigación la estandarización del proceso productivo en una empresa dedicada a la fabricación de envases plásticos, buscando aumentar la productividad de toda la línea de producción, comenzando desde la molienda de materia prima recuperada hasta el almacenamiento del producto terminado. El estudio implicó un diagnóstico situacional donde se emplearon diagramas de flujo del proceso, tormenta de ideas, diagrama de causa efecto, análisis operacional, entre otros. La aplicación de estas herramientas permitió el diagnóstico de deficiencias que requerían ser mejoradas.

García (2012), realizó un estudio enfocado en el diseño de molde por inyección, donde logró conseguir las condiciones óptimas del proceso de inyección y los tiempos de ciclo óptimos para tres envases de distinta capacidad. El estudio involucro análisis de causa raíz para evaluar las condiciones del material empleado, variaciones de parámetros operacionales, se variaron presiones y temperaturas de inyección con la finalidad de encontrar los valores límites indicadores de llenado incompleto del molde y aparición de rebabas, logrando finalmente la optimización del proceso y reducir en 1% el tiempo de ciclo

En este contexto, Oirdobro (2012); realizó una investigación en una línea de producción de plástico, que le permitió diagnosticar las no conformidades presentes en la línea, mediante la aplicación de diagramas de causas y efectos, por lo que se concluyó que la empresa no cuenta con el adiestramiento adecuado de los operarios y supervisores encargados de la línea y falta de mantenimiento preventivo en las maquinarias. Razón por la que elaboró un plan de capacitación al personal y aplicación del mantenimiento preventivo que permitan controlar y garantizar el buen funcionamiento de la línea productiva.

Como herramienta de jerarquización, Alayón y Randelli (2011), emplearon el método de decisión múltiple binaria en una planta de tratamiento de agua, para

priorizar las propuestas relacionadas con ajustes y/o modificaciones que incidan positivamente en los parámetros de la calidad del agua tratada, y jerarquizar las propuestas de corto plazo. Particularmente, Casañ (2013), comenta lo apropiado de esta metodología para la determinación de los parámetros a tener en cuenta, para la elección de la solución cuando se dispone de muchas alternativas.

Tovar (2007), logró reducir los desperdicios de materia prima hasta 1.60% y el tiempo de máquina parada generado por fallas en el proceso de inyección de PVC, en un industria de plástico, aplicando herramientas como la tormenta de ideas, diagramas de flujo y Paretos. El uso de esta herramientas permitió identificar y priorizar las principales causas asociadas a los desperdicios en la línea de envases flexibles, y con base a ello, implementar planes de capacitación a distintos niveles, que condujeron a la disminución de los desperdicios reportados en el diagnóstico inicial hasta un 1,6%.

Más específicamente, Bernal (2006), desarrolló un estudio en una empresa dedicada a la producción de envases plásticos con el propósito de optimizar sus procesos; para lo que realizó un diagnóstico para determinar la situación actual de la empresa, con respecto a la calidad y aplicó el software XII WinQSB para llevar a cabo un el control estadístico de calidad, logrando establecer que sus procesos se encontraban bajo control.

Otra aplicación de las herramientas básicas del control estadístico de procesos en una industria relacionada con el plástico es el estudio llevado a cabo por Zamudio y Hernández (2004), en una empresa manufacturera de artículos de caucho y látex, donde evaluaron el proceso de mezcla en la fabricación de empaques de caucho para tubería con el fin de controlar el proceso y reducir pérdidas de material. Para ello, estos autores identificaron los problemas críticos en el proceso de mezcla, evaluaron la variabilidad del proceso mediante la aplicación de cartas

de control del tipo X-R e identificaron las causas de la variabilidad del proceso mediante diagramas de Ishikawa.

MATERIALES Y MÉTODOS

Lugar de estudio

La investigación se llevó a cabo en las instalaciones de la Empresa Corporación Lelli de Venezuela C.A; específicamente en el Departamento de Control de Calidad, donde se ubica el laboratorio de investigación y desarrollo de la compañía.

Definición de las características críticas de calidad del proceso de fabricación de los envases de 4 galones, y sus correspondientes tapas, molde de cavidades 4 y 5.

Con el objetivo de definir las características críticas de calidad del proceso de fabricación de los envases de 4 galones y sus tapas (parámetros operacionales de la máquina), asociadas a la presencia de aquellos defectos capaces de generar la decisión de rechazo de los mismos por el cliente; se procedió a emplear el método de decisión múltiple binaria, el cual se intentó minimizar la subjetividad en la asignación de peso o importancia relativa a cada uno de las características de calidad del proceso. Ello se hizo a través del siguiente procedimiento:

Pasos para el desarrollo del MDMB.

- **Selección de los principales defectos de calidad en los envases de 4 galón y sus tapas que interesan en función de las características de calidad del proceso de fabricación:** Se seleccionaron los defectos de calidad que al estar presentes en los envases de 4 galón y sus tapas, son responsables del rechazo del producto por parte del cliente; y las

características de calidad del proceso de fabricación asociadas a dichos defectos, definidas estas últimas por los parámetros operacionales de la máquina que conforma la línea de producción, de acuerdo a lo especificado en el marco teórico.

➤ **Comparación de cada defecto de calidad con los demás en la base de uno a uno, para determinar cuál de los dos es el más importante.**

- Se asignó el peso a los defectos de calidad seleccionados.
- Se comparó cada defecto de calidad con los demás en la base de uno a uno. En esa comparación se determinó cuál de los dos es "el más importante".
- Se asignó al defecto de calidad, determinado como el más importante, el número "1", mientras que el menos importante se le asignó el 0. Esta ponderación se realizó empleando como criterio la clasificación de los defectos de envases y tapas establecidos en la COVENIN 3925-2007 y un grupo de personal de la empresa capacitado, conformado por: Dos (2) ingenieros de calidad, Cinco (5) analistas de calidad, Dos (2) ingenieros de producción, un ingeniero de mantenimiento, Cuatro (4) supervisores de planta y un gerente de operaciones, para un total de 15 personas que conformaron el grupo de decisión.
- Se repitieron los dos pasos anteriores con todos los defectos de calidad, definidos en el marco teórico.

➤ **Obtener los factores de peso para cada defecto de calidad de la matriz:** Una vez hecha la comparación en pareja de los defectos de calidad y haber obtenido los "unos y "ceros" indicativos, se procedió a obtener los factores de peso para cada defecto de la matriz. Para ello se aplicó la siguiente fórmula:

$$Peso = \frac{SP}{ST} * 1 \text{ (Ecuación N°1)}$$

Dónde:

SP: Es la suma de los puntos obtenidos por un determinado defecto de calidad. En la matriz es la suma de los "unos" de una línea en cuestión.

ST: Es la suma de la totalidad de los puntos. En la matriz este número debe coincidir con la cantidad de "unos". Como fue mencionado en el marco teórico.

- **Evaluación de las características de calidad del proceso de fabricación de los envases 4 galones y sus tapas (parámetros operacionales):** Una vez obtenidos los factores de peso que se disponen para los defectos de calidad de la matriz, se evaluaron las características de calidad del proceso entre sí. Para ello se aplicó la fórmula anterior de los pesos, el procedimiento se repitió para los otros defectos de calidad y se va obteniendo una puntuación de características de calidad del proceso de fabricación del envase por defecto de calidad en el envase, tal cual se plantea en el marco teórico.

- **Ponderación de la puntuación obtenida por el peso que tiene cada defecto dentro de la matriz de evaluación:** De esta manera se obtuvo la puntuación parcial por característica de calidad del proceso para cada defecto de calidad del envase. Seguidamente, se ponderó la puntuación obtenida por el peso que tiene cada defecto de calidad dentro de la matriz de evaluación. Esta puntuación se tabuló y se sumó para así obtener la puntuación de cada característica de calidad del proceso, para ello se empleó la siguiente fórmula:

$$\% PESO DE LA CARATERISTICA CRITICA = \frac{\% PESODELACARACTERISTICADECALIDAD}{100} *$$

$$\%PESO DEFECTO \text{ (Ecuación N°2)}$$

Donde:

% Peso de la característica de calidad: Porcentaje obtenido luego de evaluar las características de calidad del proceso entre sí, en función de los defectos.

%Peso defecto: Porcentaje obtenido después de comparar los defectos entre sí.

Las características de calidad que obtengan más puntos serán las consideradas como las características críticas de calidad del proceso de fabricación de los envases de 4 galones y sus tapas, mencionadas en el marco teórico.

Evaluación de la variabilidad de las características críticas del proceso, asociadas a las principales especificaciones de la calidad de los envases de 4 galones y las tapas cavidades 4 y 5.

Para estudiar la variabilidad de las características críticas de calidad del proceso, asociadas a las principales características de la calidad de los envases de 4 galones y las tapas cavidad 4 y 5, que quedaron definidas en el objetivo anterior como variación en el peso, diámetro, espesores, puntos de inyección, rebabas, piezas incompletas, caída libre e impacto negativos, apilamiento negativo, fondo ondulado y color fuera de patrón y alabeo; se emplearon en primera instancia cartas individuales y rangos móviles. Para la construcción de las cartas de control, se procedió como sigue:

- Todas las características críticas de calidad del proceso en la línea de envases 4 galones y sus tapas, que resultaron seleccionadas en la fase inicial del estudio, se consideraron a fin de evaluar su variabilidad.
- La data que se empleó para la construcción de las cartas de control provino de un muestreo realizado durante el año 2015, durante la operación de ambas líneas de producción, específicamente de los paneles de control de cada máquina de inyección. Por tratarse de dos piezas (envase y tapa), la recolección de la data fue realizada en dos máquinas simultáneamente. Las

observaciones que conforman el histórico del que se hizo uso para la construcción de las correspondientes cartas de control, fueron recabadas por las autoras de la presente investigación, lo que avala su confiabilidad. La razón por la que se recurrió al uso de esta data histórica fue debido a que esta la línea está actualmente inoperativa por no justificarse su inclusión en la programación de producción, de acuerdo a los últimos registros de pedidos.

- Frecuencia de muestreo: Según el manejo de la data histórica recolectada en las máquinas de inyección para la fabricación de este molde de envase y su correspondiente tapa, es sabido que las características de calidad consideradas expresan una variación que difiere muy poco entre una observación y otra. El personal de calidad encargado del muestreo en el período mencionado anteriormente, tomó una muestra por turno de operación, considerando un turno de operación el comprendido entre: 6:00 am a 6:00 pm (turno diurno) y 6:00 pm a 6:00 am (turno nocturno), para un total de dos mediciones por día.
- Tiempo considerado para el registro de la data: Las mediciones consideradas en el histórico abarcan 30 días continuos de operación de la máquina, para un total de 60 mediciones (dos diarias), para cada variable del proceso de fabricación del envase y sus respectivas tapas.
- El cumplimiento del supuesto de normalidad de los datos recolectados se hizo mediante la prueba de Wilk-Shapiro, empleando el programa STATISTIX 8.0.

Al comprobarse según la prueba de Wilk-Shapiro el no cumplimiento del supuesto de normalidad por parte de las observaciones recabadas para cada característica crítica de calidad, se procedió a representar los datos correspondientes a cada una de éstas en una gráfica de tendencia que permitiera observar el comportamiento de las observaciones en el tiempo

considerado en el estudio (un mes). Todo ello luego de intentar fallidamente, normalizar el conjunto de datos a través de algunas transformaciones matemáticas e incluso recurrir, sin éxito, a encontrar dentro del Sistema de Familias de Distribuciones de Johnson aquella a la que se ajustaran las observaciones de modo que permitiera aplicar sobre los valores normalizados la teoría clásica de las cartas de control, tal cual lo sugieren Lagos y Vargas (2003).

- Construcción de series de tiempo: Tomando en cuenta que el registro de las mediciones consideradas para este estudio, son de 30 días continuos de operación de la máquina, para un total de 60 mediciones una por turno (Diurno y nocturno), para cada variable del proceso de fabricación del envase y sus respectivas tapas; se elaboraron graficas en Excel, en función de los días y turnos correspondientes, permitiendo apreciar las variaciones de la data durante dicha producción.

Identificar las causas potenciales de variación de las características críticas de calidad del proceso de fabricación del envase de 4 galones y su respectiva tapa.

El propósito de este objetivo fue conocer las causas potencialmente asociadas a la variabilidad expresada por cada una de las características críticas de calidad del proceso de fabricación de los envases y sus tapas. Para ello se aplicaron dos herramientas en serie; el diagrama de Ishikawa y la técnica de los 5 por qué, todo ello con la colaboración de los ingenieros de producción, calidad y operadores involucrados en las líneas de fabricación de los envases de 4 galones y tapas para pailas, cavidades 4 y 5.

Diagrama de Ishikawa: Se empleó específicamente el diagrama de las 6 M's, explicado por Juran y Gryna, (1993). Con esta herramienta se determinaron inicialmente, las causas primarias de variación de cada una de las características críticas de calidad del proceso de inyección, que origina la disconformidad del envase y/o la tapa, objeto del estudio.

Los pasos a seguir para la realización del diagrama, fueron:

- Se elaboró un diagrama en blanco.
- Se escribió de forma concisa el defecto o la consecuencia a examinar.
- Se escribieron las categorías principales: hombre, máquina, entorno, materiales, métodos, mediciones.
- Se programó y realizó una lluvia de ideas de todas las posibles causas probables del problema, de manera espontánea, donde participaron todos los integrantes del grupo de decisión: supervisores, analistas, ingenieros de producción, calidad y gerente de operaciones.
- Se organizaron los resultados, excluyendo aquellas causas que resultaron comunes.
- Se estratificaron los resultados en las distintas categorías que conforman las causas primarias, las cuales fueron: Materiales, método, mantenimiento, maquinaria, medio ambiente y mediciones.

Técnica de los 5 por qué. Finalmente, se aplicó esta técnica sistemática para identificar las causas raíces de aquellas causas de variación reveladas en el diagrama de Ishikawa, buscando de esta forma que la información recabada con esta herramienta promueva el diseño de acciones correctivas y/o preventivas que sirvan como insumo en la fase de diseño del plan de mejoras.

Una vez reveladas las causas probables de variación en el diagrama de Ishikawa, éstas se insertaron en una matriz como la referida en la figura 8, y se procedió a

preguntar “¿Por qué...?”, tantas veces como fue necesario hasta llegar a la causa responsable de la ocurrencia de la causa de variación correspondiente.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA:							
Nombre del equipo:			Localización del problema:				Causa:			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót.	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^a Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	Sí	Pregunta a respuesta 1	Sí	Pregunta a respuesta 2	Sí	Pregunta a respuesta 3	Sí	Pregunta a respuesta 4		Acción para corregir la causa raíz delata en la respuesta 5.
Respuesta 1		Respuesta 2		Respuesta 3		Respuesta 4		Respuesta 5		

Figura N°8. Matriz de los 5 por qué (Fuente: Blanco, 2016).

Establecer un plan de acciones correctivas orientadas a minimizar o eliminar las causas de variación asociadas a las características críticas de calidad en el proceso de fabricación de los envases de 4 galones y sus correspondientes tapas.

El plan de mejoramiento del proceso de producción de envases y tapas se asumió como un proyecto a corto, mediano y largo plazo.

Para el diseño de un programa de acciones correctivas y/o preventivas orientadas a reducir o eliminar las causas de variación de las características críticas de calidad asociadas a la ocurrencia de defectos críticos en los envases plásticos de 4 galones y sus tapas, se empleó la metodología sugerida por el Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior (SINAES), adaptada al proceso de producción bajo estudio, la cual consistió en:

Análisis de las debilidades o necesidades detectadas

- Enlistar las causas raíces de cada debilidad señalada.
- Enlistar las posibles acciones que permitirían disminuir o erradicar la ocurrencia de estas causas raíces.

- Analizar la viabilidad de cada acción en: tiempo, costo, proveedores y recursos técnicos.
- Escoger las acciones factibles de cumplirse e indicar el plazo cuando se llevarán a cabo.

Formato del diseño del Plan de mejora: Para desarrollar el método, se empleó una matriz horizontal donde fue posible observar la relación directa entre cada uno de los componentes. El objetivo por alcanzar se planteó para el componente. La matriz contiene: Debilidad o necesidad, Acciones (Actividades y Tareas), Indicadores, Medio de verificación del indicador, Acciones de seguimiento, Fecha y Responsable, tal cual puede apreciarse en la figura N°9.

Componente:									
Objetivo:									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha	Responsable
	Actividades	Tareas							

Figura N° 9. Matriz del Plan de Mejora. (Fuente: Sistema Nacional de Acreditación de la Educación Superior)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Definición de las características críticas de calidad del proceso de fabricación de los envases de 4 galones, y sus correspondientes tapas, molde de cavidades 4 y 5.

Selección de los principales defectos de calidad de los envases de 4 galones y sus tapas en función de las características de calidad del proceso de fabricación.

Para la selección de los principales defectos de calidad de los envases de 4 galones y sus tapas, se realizó una matriz de decisión considerando las causas del defecto sobre la pieza. Además, se revisó la lista de defectos establecidos por la Norma COVENIN 3925 (ver CuadroNº3), correspondiente a los envases y tapas, y se excluyeron aquellos defectos que no dependen de la manipulación de variables del proceso, sino de daños del molde o maquinarias, y en algunos casos mala manipulación del producto final por parte del operario.

Para la asignación de peso de los defectos, el grupo de decisión, consideró la siguiente clasificación:

Defectos estéticos: Son todos aquellos que alteran la apariencia del envase o la tapa. En los envases son: color, mancha de humedad en el cuerpo, ondulamiento en el fondo y rebaba en la boca; en las tapas: burbujas en el precinto, rebaba en la falda de la tapa, punto de inyección alto o fallo y color.

Defectos funcionales: Son aquellos que afectan la operatividad del envase o la tapa, tales como: dimensiones de la pieza, resistencia a las caídas o impacto.

Defectos rechazado por el cliente: Son todos aquellos defectos ya sean funcionales o estéticos que generan el rechazo por parte del cliente, tales como: color, manchas de humedad, fondo ondulado, resistencia a la caída libre y a la prueba de impacto, tapas alabeadas, con rebabas, y dimensiones de la pieza.

En función de los rechazos y quejas, emitidas por los clientes, y las complicaciones observadas por los ingenieros de planta y calidad en la fabricación de los envases y tapas, el grupo de decisión, con base en los análisis y producto de la experticia de los mismos, definió el rango para considerar una ponderación obtenida significativa, el cual fue: Iguales o mayores a cinco por ciento (5%), para los envases, y para las tapas igual o mayor a siete por ciento (7%). La diferencia de porcentaje de ponderación a considerar, establecida entre las tapas y envases, se debe a que el grupo de decisión discurrió que es mucho más complejo la fabricación de tapas y la mayoría de los parámetros se deben evaluar, en vista de que de que el molde es de doble cavidad. También se identificaron los defectos de las tapas y envases con letras, como se muestra en los Cuadros N° 4 y 5.

Cuadro N°4 Identificación de defectos de los envases de 4 galones

Pieza moldeada (Envase)	Identificación de los defectos
Piezas incompletas.	A
Fondo ondulado.	B
Punto de inyección fallo, largo o deformado	C
Postizo del asa tapado.	D
Venas en pared.	E
Dimensiones fuera de especificación y espesor de pared fuera de especificación.	F
Caída libre e impacto negativos.	G
Apilamiento negativo.	H
Rebaba en la posición de las mordazas, borde superior y/o inferior.	I
Mala plastificación.	J
Color fuera de patrón.	K
Puntos negros.	L

Cuadro N°5 Identificación de defectos de las tapas pailas

Pieza moldeada. (Tapa paila)	Identificación de los defectos
Piezas incompletas	A
Alabeo	B
Punto de inyección fallo ó largo	C
Anillo picado.	D
Apilamiento incorrecto	E
Puntos de contaminación, sombras de humedad.	F
Dimensiones y peso fuera de especificación.	G
Cierre y hermeticidad negativos	H
Rebaba	I
Mala plastificación	J
Color fuera de patrón	K

Comparación de cada defecto de calidad con los demás en la base de uno a uno, para determinar cuál de los dos es el más importante, y determinación de los factores de peso para cada defecto de calidad de la matriz

Considerando la clasificación de defectos, expuesta en el ítem anterior, el grupo de decisión, procedió a comparar cada uno de los defectos entre sí, en la base de uno a uno, y asignar un peso a cada defecto. En los Cuadros N°6 y 7 se puede apreciar los pesos asignados y las sumatorias total para los envases y las tapas.

Cuadro N°6 Matriz de comparación de cada defecto de calidad con los demás, de los envases.

DEFECTOS	A	B	C	D	E	F	J	H	I	J	K	L	SP
A		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	11
B	0		0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	5
C	0	1		1	1	0	0	0	1	1	1	1	7
D	0	0	0		1	0	0	0		1	0	1	3
E	0	0	0	0		0	0	0	1	1	0	1	3
F	0	1	1	1	1		1	1	1	1	1	1	10
J	0	1	1	1	1	0		1	1	1	1	1	9
H	0	1	1	1	1	0	0		1	1	1	1	8
I	0	0	0		0	0	0	0		1	0	1	2
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1	2
K	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0		1	5
L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		0
SUMA TOTAL													65

Cuadro N°7 Matriz de comparación de cada defecto de calidad con los demás, de las tapas pailas.

DEFECTOS	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	SP
A		1	1	1	1	1	1			1	1	8
B	0		1	1	1	1	0	0	1	1	1	7
C	0	0		1	0	1	0		0	1	1	4
D	0	0	0		0	1	0	0		1	0	1
E	0	0	1	1		1	0	0	0	1	1	5
F	0	0	0	0	0		0	0	0	1	1	2
G	0	1	1	1	1	1		0	1	1	1	8
H		1		1	1	1	1		1	1	1	8
I		0	1		1	1	0	0		1	1	5
J	0	0	0	0	0	0	0	0	0		1	1
K	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		1
SUMA TOTAL												50

Obtención de los factores de peso para cada defecto de calidad de la matriz.

Seguidamente, se determinaron los factores de peso para cada defecto de la matriz empleando la ecuación N° 1. En el Cuadro N°8 se puede observar la ponderación asignada a los defectos de calidad de los envases y las tapas respectivamente.

CuadroN°8 Asignación de los porcentajes de pesos de los defectos de los envases de 4 galones y las tapas pailas cavidad 4 y 5

		PONDERACIÓN DE LOS DEFECTOS (%)											
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
ENVASES		17	8	11	5	5	15	14	12	3	3	8	0
TAPAS		16	14	8	2	10	4	16	16	10	2	2	

En el CuadroN°8, los defectos con mayor peso, en el caso de los envases, fueron en orden descendiente los siguientes: A: Pieza incompleta, F: Dimensiones fuera de especificación y espesor de pared fuera de especificación, G: Caída libre e impacto negativos, H: Apilamiento negativo, C: Punto de inyección fallo, largo o deformado, B: Fondo ondulado y K: Color fuera de patrón. Resultando un total de siete (7) defectos con una ponderación mayor a cinco por ciento (5%).

En lo que respecta a las tapas, los defectos, en orden descendiente, fueron: A: Pieza incompleta, G: dimensiones y peso fuera de especificaciones, H: Cierre y hermeticidad negativos, B: Alabeo, E: Apilamiento incorrecto, I: Rebaba y C: Punto de inyección fallo o alto. Se puede apreciar que los 3 primeros defectos tienen una misma ponderación, con un total de siete (7) defectos, todos con un porcentaje mayor de siete por ciento (7%).

Evaluación de las características de calidad del proceso de fabricación de los envases 4 galones y sus tapas (parámetros operacionales).

Se seleccionaron diecinueve (19) características de calidad, tomando en cuenta, solo aquellas que pueden ser ajustadas por el operario, para la fabricación de los envases y tapas.

Con la ayuda del grupo de decisión se identificó con números romanos, cada característica de calidad y se comparó cada característica de calidad del proceso entre sí. En el CuadroN°9, se muestra la identificación asignada a cada característica de calidad, para el proceso de producción de envases y tapas

Cuadro N° 9 Identificación de las características de calidad (parámetros operacionales)

Características de calidad de las máquinas de inyección	Identificación
Porcentaje de materiales y/o aditivos	I
Velocidad de inyección (mm/s)	II
Presión límite (bar)	III
Conmutación (mm)	IV
Presión de mantenimiento (bar)	V
Tiempo de mantenimiento (s)	VI
Dosificación (mm)	VII
Velocidad de dosificación (rpm)	VIII
Contrapresión (bar)	IX
Desc. antes (mm)	X
Desc. después (mm)	XI
Velocidad de descompresión (mm/s)	XII
Tiempo de ciclo (s)	XIII
Tiempo de enfriamiento (s)	XIV
Espesor del molde (mm)	XV
Fuerza de cierre (ton)	XVI
Temperatura de calefacción (° C)	XVII
Temperatura suplementarias (° C)	XVIII
Temperatura del enfriador de agua (° C)	XIX

En la confrontación de las características de calidad del proceso con los defectos seleccionados se procedió a diseñar una matriz por defecto, para un total de 7 matrices para los envases y 7 matrices para las tapas. Esta confrontación se hizo buscando determinar el efecto o influencia de cada característica de calidad sobre cada defecto, siendo que los resultados de estas matrices aparecen tabulados en los Cuadros 10 y 11.

Cuadro N° 10 Resultados de las matrices de las características de calidad del proceso en función de los defectos de los envases de 4 galones. (Ponderación de peso en %).

Identificación de las características de calidad del proceso	% de peso por defecto						
	A	B	C	F	G	H	K
I	5.2	12.1	3.6	0.0	14.2	12.5	12.3
II	5.2	3.6	3.6	0.0	1.7	4.4	6.6
III	12.7	7.1	7.9	0.0	1.7	4.4	0.0
IV	9.0	3.6	3.6	0.0	5.8	4.4	0.0
V	9.0	9.3	5.8	14.9	10.8	10.3	0.0
VI	5.2	0.0	5.8	14.9	10.8	10.3	0.0
VII	9.0	1.4	7.9	14.9	10.8	10.3	0.0
VIII	3.7	1.4	0.0	0.0	1.7	1.5	6.6
IX	5.2	3.6	2.9	11.7	4.2	4.4	6.6
X	1.5	6.4	10.1	0.0	2.5	2.2	6.6
XI	1.5	6.4	10.1	0.0	2.5	2.2	6.6
XII	1.5	3.6	10.1	0.0	2.5	2.2	6.6
XIII	0.0	9.3	0.0	0.0	6.7	8.1	0.0
XIV	3.7	9.3	10.1	18.1	6.7	8.1	11.5
XV	9.0	1.4	0.0	12.8	0.0	0.7	0.0
XVI	0.0	0.0	0.0	12.8	0.0	0.7	0.0
XVII	9.0	6.4	5.8	0.0	5.8	4.4	12.3
XVIII	6.0	8.6	7.2	0.0	5.8	4.4	12.3
XIX	3.7	6.4	5.8	0.0	5.8	4.4	12.3

Cuadro N° 11 Resultados de las matrices de las características de calidad del proceso en función de los defectos de las tapas pailas. (Ponderación de peso en %).

Identificación de las características de calidad del proceso	% de peso por defecto						
	A	B	C	E	G	H	I
I	5.2	9.7	1.8	12.5	0.0	0.0	4.3
II	5.2	0.0	2.4	4.4	0.0	0.0	9.4
III	12.7	0.7	5.4	4.4	0.0	0.0	9.4
IV	9.0	6.0	4.8	4.4	0.0	0.0	9.4
V	9.0	12.7	7.2	10.3	14.9	14.9	9.4
VI	5.2	9.7	6.6	10.3	14.9	14.9	3.6
VII	9.0	11.2	6.0	10.3	14.9	14.9	12.2
VIII	3.7	0.7	4.2	1.5	0.0	0.0	4.3
IX	5.2	9.0	3.6	4.4	11.9	11.9	3.6
X	1.5	0.7	9.0	2.2	0.0	0.0	2.2
XI	1.5	0.7	9.0	2.2	0.0	0.0	2.2
XII	1.5	0.0	9.0	2.2	0.0	0.0	0.7
XIII	0.0	3.0	0.0	8.1	0.0	0.0	0.7
XIV	3.7	9.7	10.2	8.1	17.8	17.8	0.0
XV	9.0	5.2	0.6	0.7	12.9	12.9	5.8
XVI	0.0	0.0	3.0	0.7	12.9	12.9	5.8
XVII	9.0	8.2	7.8	4.4	0.0	0.0	5.8
XVIII	6.0	7.5	7.8	4.4	0.0	0.0	5.8
XIX	3.7	5.2	1.2	4.4	0.0	0.0	5.8

Se repitió el mismo procedimiento que se aplicó para determinar el porcentaje de peso en los defectos, para todos los casos exhibidos en los Cuadros anteriores.

Ponderación de la puntuación obtenida por el peso que tiene cada defecto dentro de la matriz de evaluación

Con el porcentaje de peso determinado para cada defecto y característica de calidad, en función de los defectos seleccionados, se procedió a ponderar cada característica de calidad por el peso que tiene cada defecto dentro de las matrices,

empleando al ecuación N° 2, para así obtener las características críticas de calidad del proceso de fabricación de los envases de 4 galones y sus tapas.

El rango para determinar la ponderación a partir de la cual una característica de calidad del proceso debe ser considerada como crítica fue el mismo que se empleó en la escogencia de los defectos.

En el Cuadro N° 12, se pueden observar las sumatorias y las ponderaciones finales de cada característica de los envases.

CuadroN°12 Ponderación de las características de calidad de los envases de 4 galones

Defectos	%Peso	CARACTERÍSTICA DE CALIDAD DEL PROCESO																		
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX
A	16,92	0,88	0,88	2,15	1,52	1,52	0,88	1,52	0,63	0,88	0,25	0,25	0,25	0	0,63	1,52	0	1,52	1,01	0,63
B	7,69	0,93	0,71	0,55	0,27	0,71	0	0,11	0,11	0,27	0,49	0,49	0,27	0,71	0,71	0,11	0	0,49	0,66	0,49
C	10,77	0,39	0,39	0,03	0,39	0,62	0,62	0,85	0	0,31	1,08	1,08	1,08	0	1,08	0	0	0,62	0,77	0,62
F	15,38	0	0	0	0	2,29	2,29	2,29	0	1,8	0	0	0	0	2,78	1,96	1,96	0	0	0
G	13,85	1,96	0,23	0,23	0,81	1,5	1,5	1,5	0,23	0,58	0,35	0,35	0,35	0,92	0,92	0	0	0,81	0,81	0,81
H	12,31	1,54	0,54	0,54	0,54	1,27	1,27	1,27	0,18	0,54	0,27	0,27	0,27	1	1	0,09	0,09	0,54	0,54	0,54
K	7,69	0,95	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0	0,88	0	0	0,95	0,95	0,95
ST %	84,62	6,65	3,26	3,5	3,53	7,91	6,56	7,54	1,66	4,89	2,95	2,95	2,73	2,63	8,01	3,68	2,05	4,93	4,74	4,04

Las características de calidad del proceso con una ponderación mayor o igual a 5 %, para la fabricación de los envases de 4 galones, aparecen en el Cuadro 13, considerándose las características críticas de calidad del proceso.

Cuadro N°13 Características críticas de calidad del proceso de los envases de 4 galones

Identificación de las características de calidad	Características críticas de calidad del proceso	%Peso
XIV	Tiempo de enfriamiento	8,01
V	Presión de mantenimiento	7,91
VII	Dosificación	7,54
I	Porcentaje de materiales y/o aditivos	6,65
VI	Tiempo de mantenimiento	6,56

En el caso de las tapas pailas, se repitió la metodología aplicada para determinación de las características críticas de calidad del proceso de los envases de 4 galones y en el Cuadro N° 14 se presentan los resultados correspondientes.

Cuadro N°14 Ponderación de las características de calidad del proceso de las tapas para envases

Defectos	%Peso	CARACTERÍSTICA DE CALIDAD DEL PROCESO																		
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	XIII	XIV	XV	XVI	XVII	XVIII	XIX
A	16.0	0.8	0.8	2.0	1.4	1.4	0.8	1.4	0.6	0.8	0.2	0.2	0.2	0.0	0.6	1.4	0.0	1.4	1.0	0.6
B	14.0	1.4	0.0	0.1	0.8	1.8	1.4	1.6	0.1	1.3	0.1	0.1	0.0	0.4	1.4	0.7	0.0	1.1	1.0	0.7
C	8.0	0.1	0.2	0.4	0.4	0.6	0.5	0.5	0.3	0.3	0.7	0.7	0.7	0.0	0.8	0.0	0.2	0.6	0.6	0.1
E	10.0	1.3	0.4	0.4	0.4	1.0	1.0	1.0	0.1	0.4	0.2	0.2	0.2	0.8	0.8	0.1	0.1	0.4	0.4	0.4
G	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	2.4	2.4	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0
H	16.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.4	2.4	2.4	0.0	1.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.9	2.1	2.1	0.0	0.0	0.0
I	10.0	0.4	0.9	0.9	0.9	0.9	0.4	1.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6
ST %	90.0	4.0	2.4	3.9	4.0	10.5	8.9	10.5	1.6	7.0	1.5	1.5	1.3	1.3	9.3	7.0	5.0	4.2	3.6	2.4

Tomando como criterio de selección de las características críticas de calidad del proceso de fabricación de las tapas pailas, aquellas que logren ponderaciones iguales o mayores a 7%, se obtuvieron 6 características críticas de calidad, las cuales aparecen resumidas en el CuadroN°15.

Cuadro N°15 Características críticas de calidad del proceso de las tapas pailas
cavidad 4 y 5

Identificación de las características de calidad	Características críticas de calidad del proceso	%Peso
V	Presión de mantenimiento (bar)	10,5
VII	Dosificación (mm)	10,5
XIV	Tiempo de enfriamiento (s)	9,3
VI	Tiempo de mantenimiento (s)	8,9
IX	Contrapresión (s)	7

Evaluación de la variabilidad de las características del proceso, asociadas a las principales especificaciones la calidad de los envases de 4 galones y las tapas cavidades 4 y 5.

Una vez culminada la selección de las características críticas de calidad del proceso de fabricación de los envases de 4 galones y las tapas cavidad 4 y 5, se procedió a organizar la data correspondiente a cada una de aquellas que resultaron seleccionadas considerando los dos turnos operativos: diurno y nocturno. Seguidamente, se aplicó a cada grupo de datos la prueba de Wilk-Shapiro, reportándose para cada caso el no cumplimiento del supuesto de normalidad de las observaciones. Se intentó normalizar el conjunto de datos a través del Sistema de Distribuciones de Jhonson, por ser el procedimiento más idóneo en este tipo de situación, según lo sugerido por Lagos y Vargas (2003). Sin embargo, fue imposible identificar dentro del grupo de esta familia de distribuciones aquella a la que pertenecían las observaciones del presente estudio, debido a que para ello era necesario disponer de un programa de computador creado por los mismos autores, al cual fue imposible tener acceso. En vista de ello se decidió estudiar el comportamiento de los datos a través de gráficas de tiempo, buscando poder identificar en ellos tendencias, variaciones cíclicas, o residuales que permitieran comprender la conducta de estas características de calidad y cómo podían ser más convenientemente abordadas en un programa de mejora.

Los resultados de las pruebas de Wilk-Shapiro y las cartas de individuales para cada característica crítica de calidad aparecen reportados en el Apéndice A.1

Interpretación de series de tiempo en función de las características críticas de calidad de los envases de 4 galones.

Tiempo de enfriamiento

En la figura N° 10 se aprecia el comportamiento del tiempo de enfriamiento a lo largo de 30 días consecutivos considerados en el estudio, tanto para el turno diurno como el nocturno.

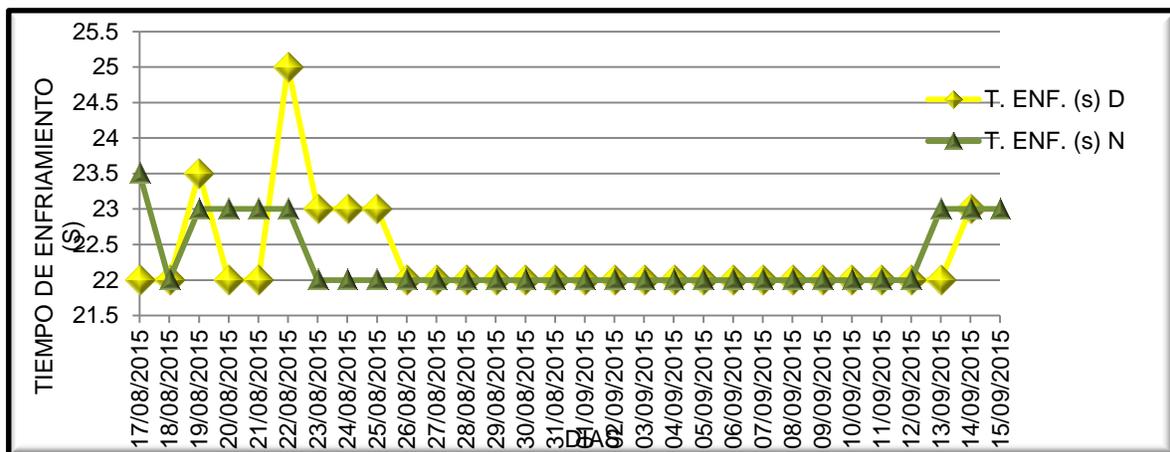


Figura N°10 Tiempo de enfriamiento de los envases 4 galón para los turno diurno y nocturno

La Figura N°10 muestra la ocurrencia de valores que fluctúan entre 22 y 25 s para ambos turnos durante los primeros diez (10) días, observándose una mayor oscilación para el turno diurno que el nocturno; y en los tres últimos días del reporte se presenta nuevamente este patrón de variación de las observaciones. Entre estos comportamientos extremos, se observa una conducta de nivel en los datos correspondientes a los 17 días intermedios, donde el tiempo de enfriamiento se mantuvo en 22 s para ambos turnos, el cual es el adecuado para garantizar las dimensiones del envase.

El tiempo de enfriamiento influye de manera importante en las dimensiones de la pieza, debido a que es necesario que alcance una temperatura adecuada para

que el material se estabilice. De igual forma, puede causar, líneas de flujo en la pieza o deformaciones en el punto de inyección de la misma.

Es posible que por desconocimiento del impacto que tiene el tiempo de enfriamiento sobre algunas características de calidad del envase, el operario haya reajustado el tiempo de enfriamiento por eventualidades como cambios de material o fallas en el molde, lo que justificaría el reporte al inicio de los turnos de producción, de líneas de flujo, deformaciones en el punto de inyección y problemas dimensionales en las piezas, durante los primeros días de la toma de los datos.

Presión de mantenimiento

La presión de mantenimiento, registrada para las zonas 1, 2 y 3 del molde, aparecen representadas para ambos turnos en las figuras N° 11,12 y 13, respectivamente.

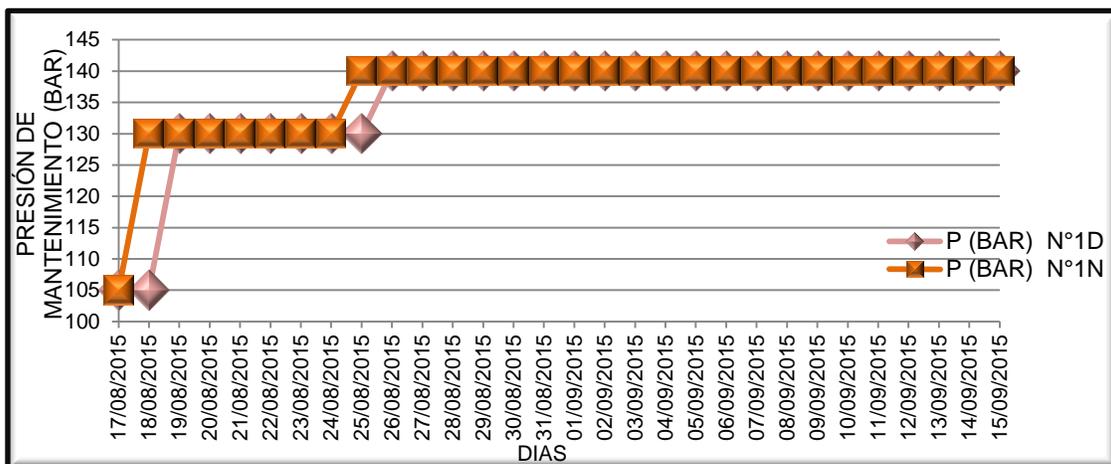
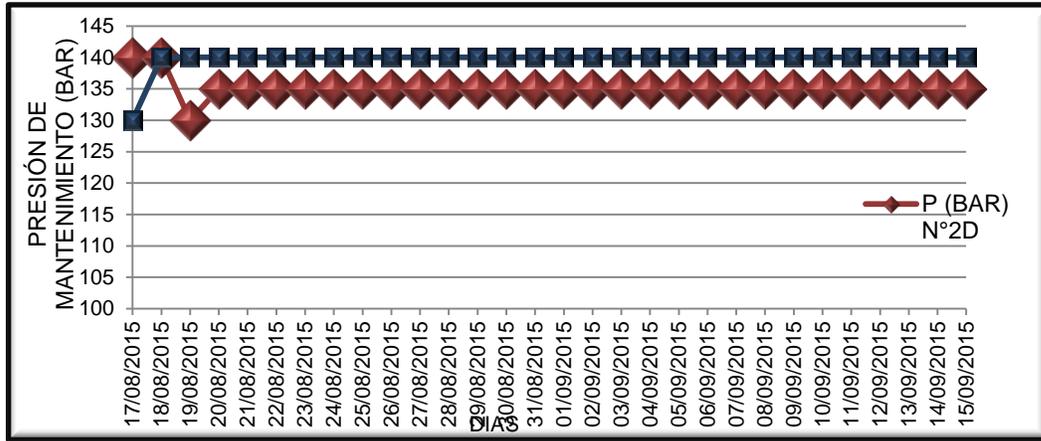


Figura N°11 Presión de mantenimiento N° 1 de los envases 4 galones para los turnos diurnos y nocturnos

La figura N° 11 se muestra como el comportamiento de la presión en la zona 1 del molde exhibe un comportamiento prácticamente idéntico en ambos turnos, reportándose un incremento inicial de 105 a 130 bar seguido de un período que se extiende por una semana en el que se mantiene en 130 bar para finalmente ascender y mantenerse en 140 bar hasta el final del período considerado.



Figura

N°12 Presión de mantenimiento N° 2 de los envases 4 galones para los turnos diurnos y nocturnos

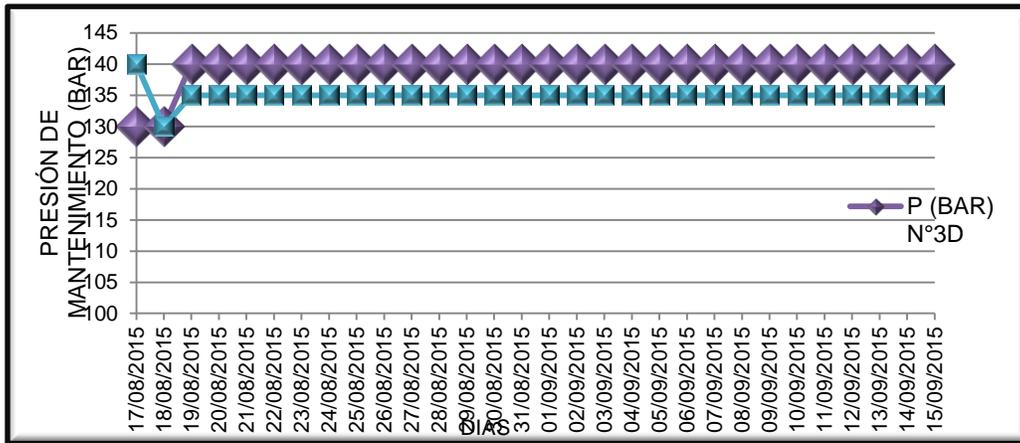


Figura N°13 Presión de mantenimiento N° 3 de los envases 4 galones para los turnos diurnos y nocturnos

Las presiones en las zonas 2 y 3 del molde para ambos turnos, que aparecen representadas en las figuras N° 12 y 13, respectivamente, muestran comportamientos muy similares entre sí: un componente de nivel que implica valores de 140 bar para el turno nocturno en la zona 2 y el diurno en la zona 3, precedido en ambos casos de un valor inicial de 130 bar, siendo el rango de operatividad para la presión de mantenimiento en el molde de 4 galones es de 130 a 140 bar.

Un mal ajuste de la presión de mantenimiento pueda causar rebabas y el defecto de ondulamiento del fondo del envase. De notarse dichas fallas los operadores deben reajustar los parámetros operacionales.

En el turno diurno, el primer día, la presión reportada es de 140 bar, el segundo día disminuye a 130 bar y el tercer día aumenta nuevamente a 140 bar y se mantiene en dicho valor el resto de los días reportados; mientras que en el turno nocturno, los dos primeros días se registra la presión en 130 bar y el tercer día aumenta a 135 bar, el resto de los días reportados no se registran cambios. Las variaciones observadas los tres primeros días pueden ser causadas por la necesidad de disminuir el tiempo de ciclo, o por fallas en el funcionamiento del molde, la misma como consecuencia de un inadecuado mantenimiento del equipo o por la ausencia del mismo.

Dosificación

El sistema de dosificación de las máquinas de inyección cuenta con una tolva, por donde se alimenta la máquina y una cámara de mezclado, donde se unifican los componentes requeridos para la fabricación de los envases. Dicha mezcla se inyecta al molde por medio de un tornillo sin fin, que tiene una boquilla por la cual se inyecta el material en el molde en las dosis correspondientes. A continuación se presenta la dosificación en los turnos diurnos y nocturnos (Ver figura N°14).

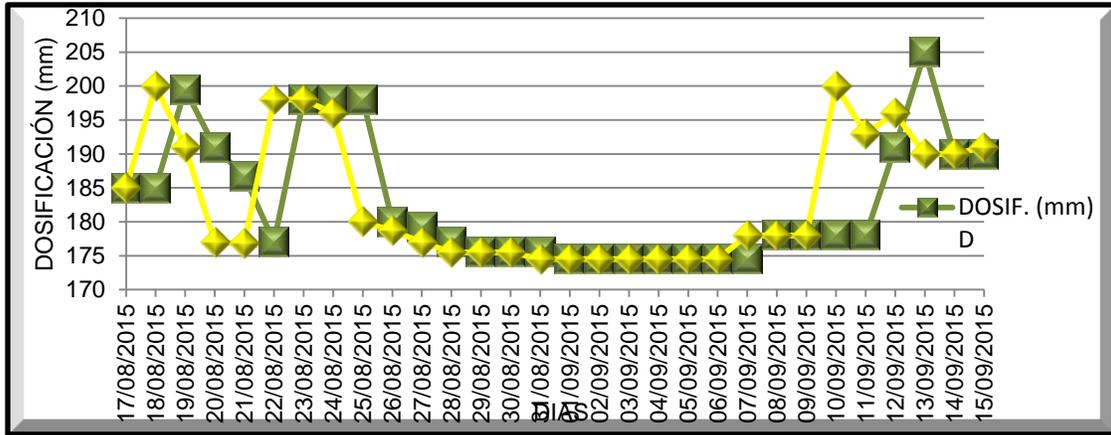


Figura N°14 Dosificación de los envases 4 galones para los turnos diurnos y nocturnos

En esta figura se aprecia un comportamiento bastante similar entre ambos turnos. Inicialmente se identifica un componente residual donde los valores de dosificación oscilan de manera errática entre 175 y 200 mm durante los primeros 10 días; seguido de un componente de nivel en que la dosificación se estabiliza en 175 mm durante los siguientes 16 días para finalizar con una variación nuevamente errática que lleva la dosificación a valores extremos de hasta 200 y 205 mm para el turno diurno y nocturno, respectivamente.

Las consecuencias de una dosificación inadecuada causan rebaba, piezas incompletas, punto de inyección deformado y dimensiones fuera de especificaciones. Estos defectos se presentan por fallas en el sistema de regulación del caudal, desconocimiento del ajuste adecuado de la dosificación del molde, u obstrucciones en el sistema. Muchas de las fallas operacionales, son causados por el mantenimiento inadecuado de la máquina y de los sistemas que la componen, o una ausencia del mismo.

Porcentaje de Materiales

Para esta característica crítica de calidad, se debe resaltar que se emplean dos compuestos para la fabricación de los envases, en donde uno se emplea en mayor proporción que el otro. El de mayor proporción se identifica como porcentaje de

material, y el de menor, porcentaje de aditivo. A continuación en la figura N° 15 se exhibe el porcentaje de materiales en los turnos diurnos y nocturnos.

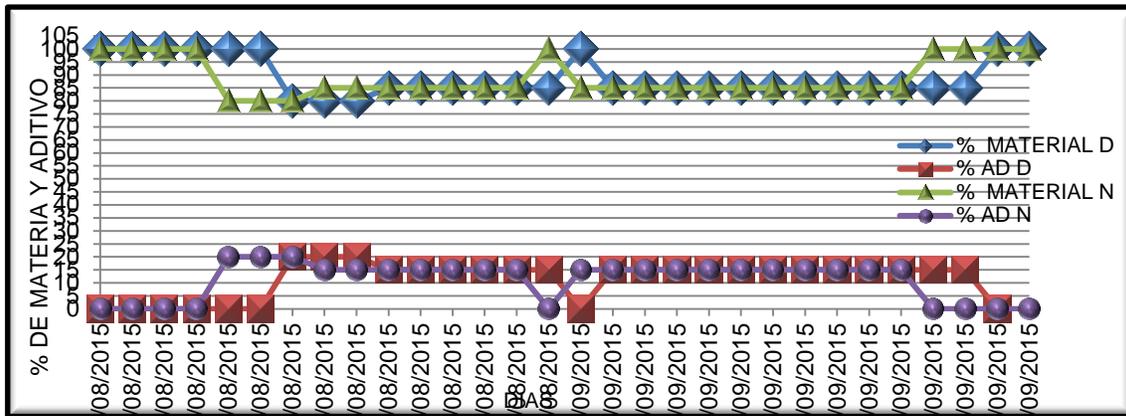


Figura N°15 Porcentaje de material y aditivo de los envases 4 galones para los turnos diurnos y nocturnos

En la figura N° 15 se aprecia un comportamiento bastante similar de ambos componentes en los dos turnos, manteniéndose el porcentaje de material alrededor de 85 y el de aditivo alrededor de 15, siendo éstos los valores objetivos para lograr la proporción porcentual de materiales a fin de prevenir la ocurrencia en los envases de defectos como la fragilidad y traslucidez, lo que impide que resista las pruebas de impacto y caída libre, o altere el color de la pieza. El porcentaje ideal de la mezcla es 85% de material y 15% de aditivo.

Los días en los que se registra el porcentaje de material en un 100%, y el de aditivo en 0%, puede deberse al desconocimiento por parte del operador de las proporciones adecuadas de la mezcla; a que posiblemente se terminó la mezcla en la tolva y el personal de turno no constatará los porcentajes de la misma, o se vieran obligados a realizar la mezcla manual, por fallas en el sistema de mezclado, y no reportaran los porcentajes de aditivo y material utilizados.

Tiempo de mantenimiento

De la misma forma en la que se detallan tres presiones, en diferentes puntos del molde, también se deben considerar tres tiempos de mantenimientos asociados a

cada una de estas presiones, las cuales aparecen representadas en las figuras N° 16,17 y 18 que se muestran a continuación.

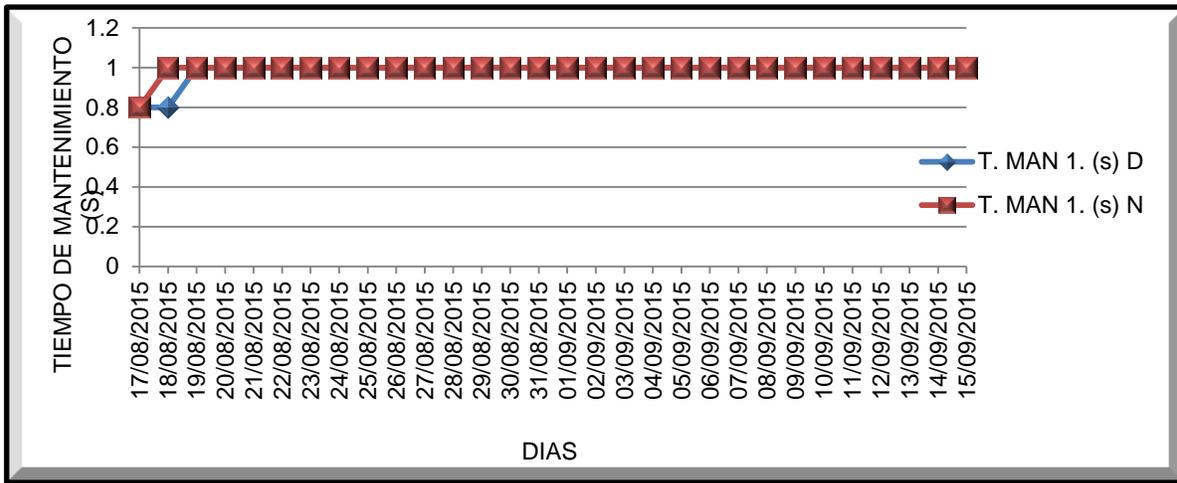


Figura N°16 Tiempo de mantenimiento N°1 de los envases 4 galones para los turnos diurnos y nocturnos.

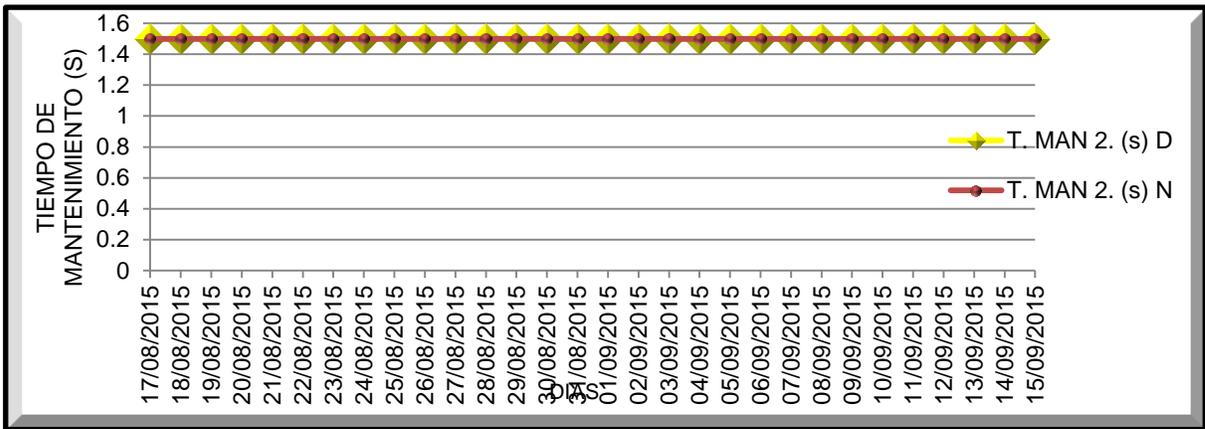


Figura N°17 Tiempo de mantenimiento N°2 de los envases 4 galones para los turnos diurnos y nocturnos.

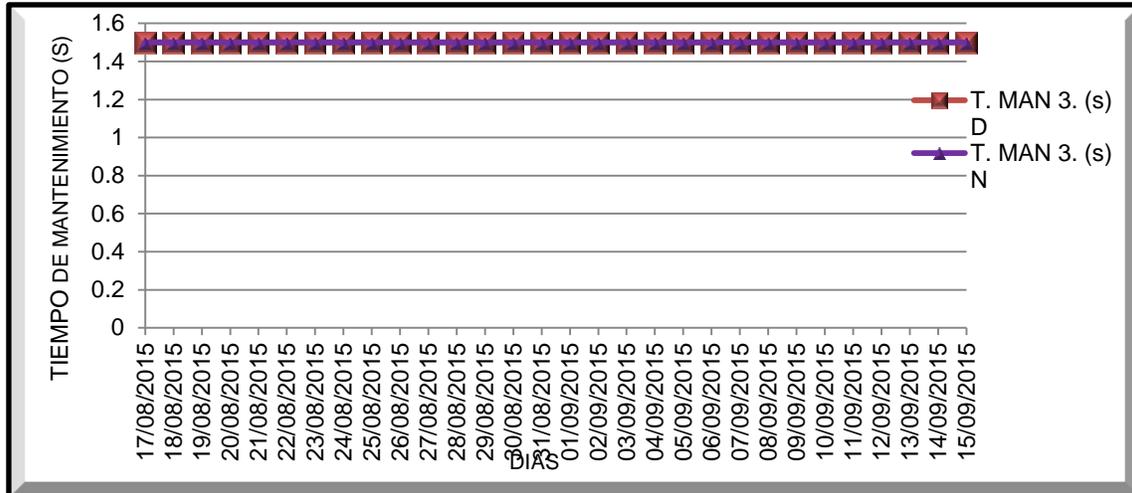


Figura N°18 Tiempo de mantenimiento N°3 de los envases 4 galones para los turnos diurnos y nocturnos¹⁷

Las tres gráficas expresan igual comportamiento de los tiempos de mantenimiento en los tres puntos o zonas del envase, a excepción del primer día en el tiempo de mantenimiento N° 1 de ambos turnos, única fecha en la que realizó un ajuste, del resto, los tiempos de mantenimientos presentan componentes de nivel en los que se mantienen constantemente en 1,5 s, para los tiempos n° 2 y 3 y 1s para el tiempo n° 1. Durante este periodo de producción, no se reportaron fallas de calidad relacionadas con el tiempo de mantenimiento, debido a que el rango de operación de esta característica de calidad es de 1 a 1,5 s.

Los ajustes inadecuados del tiempo de mantenimiento causan los mismos defectos que el ajuste inadecuado de la presión de mantenimiento: rebabas y ondulamiento del fondo del envase.

Interpretación de graficas de tiempo en función de las características críticas de calidad de las tapas plásticas destinadas a envases de 4 galones.

Presión de Mantenimiento

La presión de mantenimiento en el proceso para la fabricación de las tapas, requiere de un control y manipulación por parte de un personal capacitado, pues un ajuste inadecuado de esta característica de calidad del proceso afecta

directamente las dimensiones de la tapas y ocasiona la aparición de alabeo y/o pieza incompleta en la misma, y esto a su vez genera una mala hermeticidad y apilamiento.

En las Figuras N° 19, 20, 21 y 22, se observa el comportamiento en el tiempo de la presión de mantenimiento en las distintas zonas del proceso de inyección de las tapas para envases, cavidades 4 y 5, durante los 30 días continuos de análisis para los turnos diurno y nocturno.

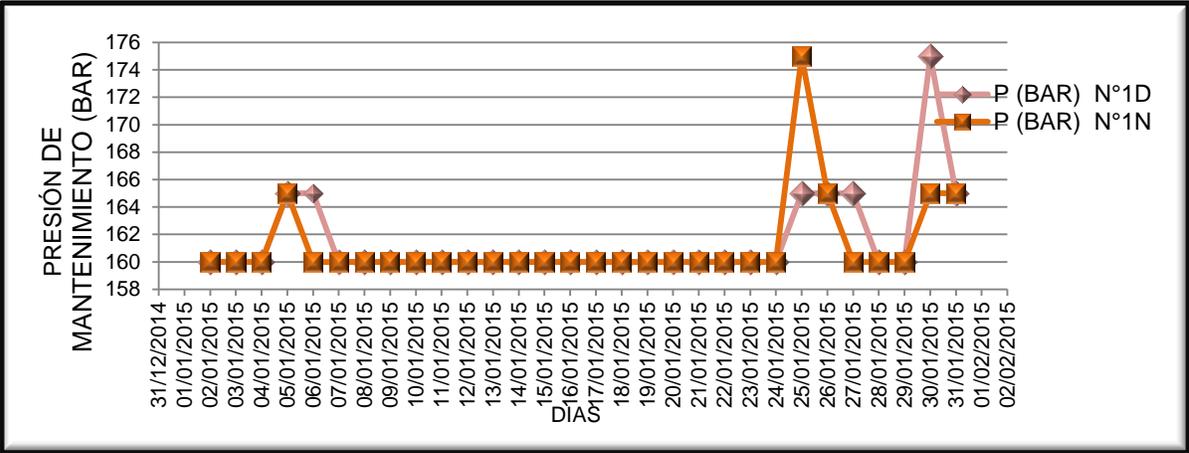


Figura N°19 Presión de mantenimiento N°1 de las tapas pailas cavidad 4 y 5 para los turnos diurnos y nocturnos.

En la figura 19, se evidencia picos en la presión de la zona 1, específicamente en la observación 4, cuya presión aumenta de 160 bar a 165 bar, y al final de la data, donde después de mantenerse constante en 160 bar aumenta a 175 bar, siendo el punto máximo presentado en la zona durante ambos turnos, con fluctuaciones notorias a partir del 24-01-215.

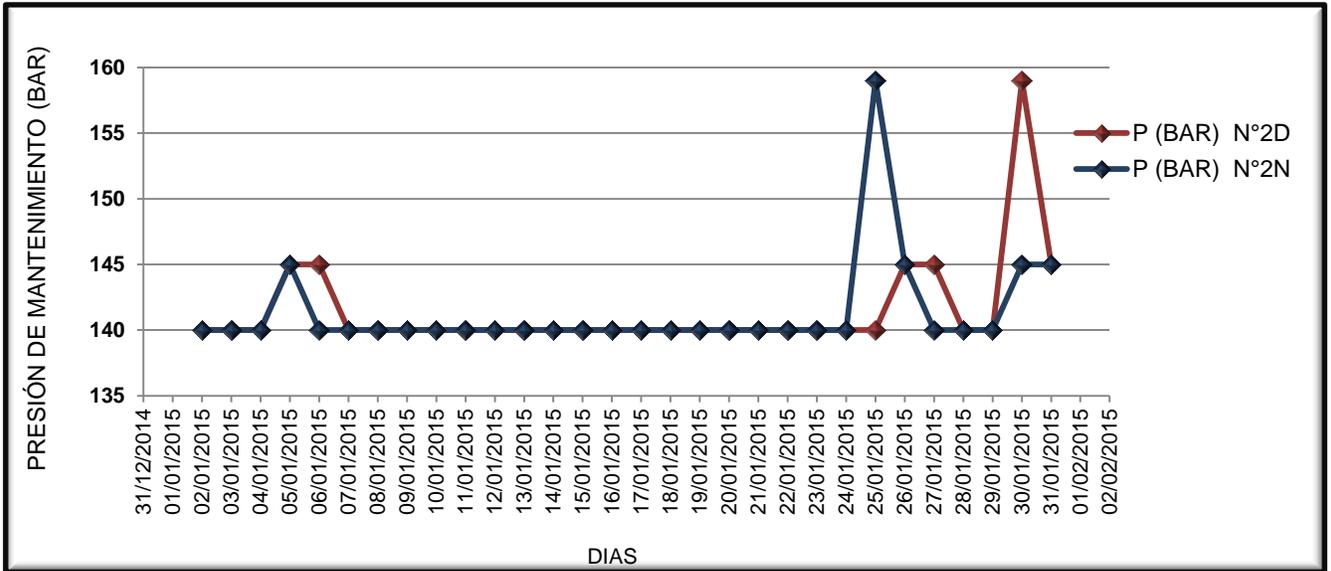


Figura N°20 Presión de mantenimiento N°2 de las tapas pailas cavidad 4 y 5 para los turnos diurnos y nocturnos.

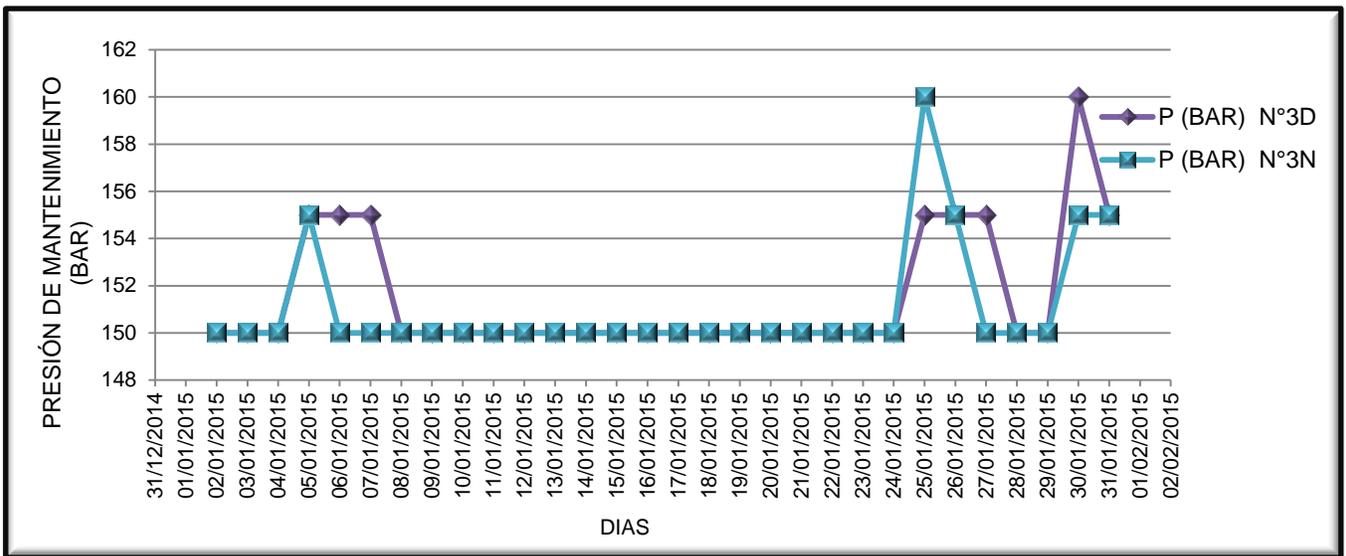


Figura N°21 Presión de mantenimiento N°3 de las tapas pailas cavidad 4 y 5 para los turnos diurnos y nocturnos.

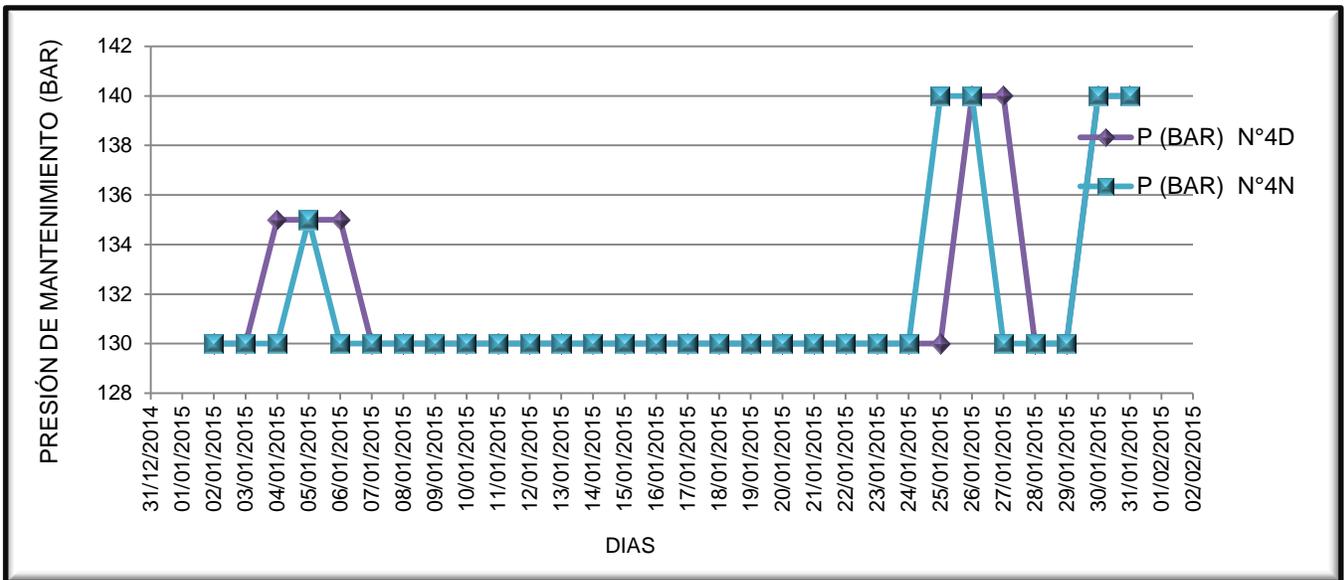


Figura N°22 Presión de mantenimiento N°4 de las tapas pailas cavidad 4 y 5 para los turnos diurnos y nocturnos.

El comportamiento de esta característica crítica de calidad del proceso de fabricación de las tapas, es muy similar en las distintas zonas, en ambos turnos.

En los cuatro puntos de presión, se pudo evidenciar cómo esta variable inicialmente mostró aumentos de presión (observaciones 4, 5 y 6), retornando luego a su condición inicial de 160, 140, 150 ó 130 bar, según el punto o zona de presión correspondiente y manteniendo estos valores constantes durante casi todo el intervalo bajo estudio; hasta que a partir del día 23 y/o 24 de enero del 2015 (dependiendo del punto de presión), aumentan ambas presiones.

Estas fluctuaciones que se evidencian al inicio y al final del período considerado pueden deberse al ajuste inadecuado del parámetro de presión, por parte del personal encargado, disminución o aumentos de la dosificación en las cavidades del molde ante la presencia de rebaba o pieza incompleta o a fallas en el molde gemelo de la tapa, ya que este tipo de molde requiere constantemente de mantenimiento preventivo para que ambas cavidades estén en equilibrio ante los ajustes realizados en la máquina durante el proceso, pues un ajuste inadecuado influye en la aparición de inconformidades que afecta la calidad del producto final, como que la pieza se obtenga incompleta o con rebaba.

Dosificación

La dosificación del material juega un papel importante en el acabado de la pieza, un ajuste adecuado en el proceso de inyección de la tapa genera un peso dentro de especificación y un buen acabado final, por el contrario una mala manipulación trae como consecuencias la presencia de rebaba, tapas incompletas, deficiencia en las dimensiones y esto a su vez mala hermeticidad y/o cierre en el ensamble del envase.

Las observaciones en el tiempo de la dosificación del proceso de inyección de las tapas, en ambos turnos durante los 30 días continuos de análisis, se muestran en la figura N° 23.

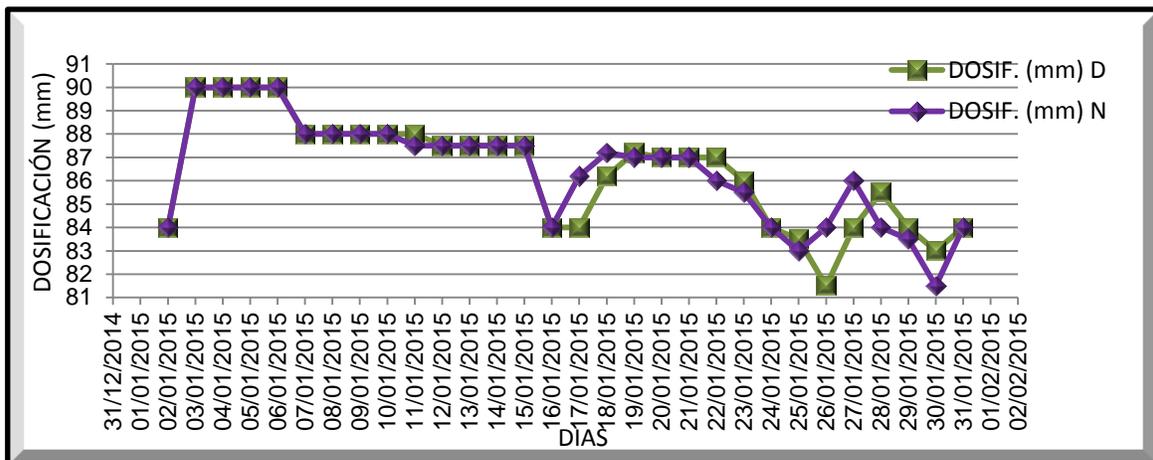


Figura N°23. Dosificación de las tapas pailas cavidad 4 y 5 para los turnos diurnos y nocturnos.

La data expresa un comportamiento variable en el tiempo, mostrando a lo largo de todo el período una ligera tendencia general de carácter descendente que pareciera predominar sobre aquellos pequeños tramos en los que los valores de esta característica crítica de calidad se mantienen constantes o fluctuando de manera errática, como ocurre al final del mes de observaciones. Esta tendencia descendente lleva la dosificación del material desde valores iniciales de 90 mm a valores que oscilan entre 86 y 81 mm hacia el final del período.

Este comportamiento de la variabilidad de la dosificación se presenta por el manejo inadecuado de los parámetros operacionales, por parte del personal encargado ante la presencia de rebaba en la tapa, pues una reducción notoria de la dosificación, como se evidencia en el mes de observaciones, se debe principalmente a la aparición de este tipo de defectos, fallas de alimentación del material al cañón, inconvenientes con el dosificador del material, o deficiencia en el mantenimiento de la maquinaria.

Tiempo de enfriamiento

Esta característica de calidad del proceso influye directamente en las dimensiones y en el acabado de la tapa, pues si el tiempo de enfriamiento es muy bajo la pieza es expulsada a altas temperaturas tendiendo a contraerse y alabearse, modificándose su acabado y sus dimensiones, presentando un diámetro interno menor al establecido en su especificación; si por lo contrario el tiempo de enfriamiento es muy elevado la pieza es expulsada tendiendo a presentar un diámetro superior al establecido.

En lo que corresponde al tiempo de enfriamiento, es posible observar en la figura N° 24 lo referente a su comportamiento en el período bajo estudio.

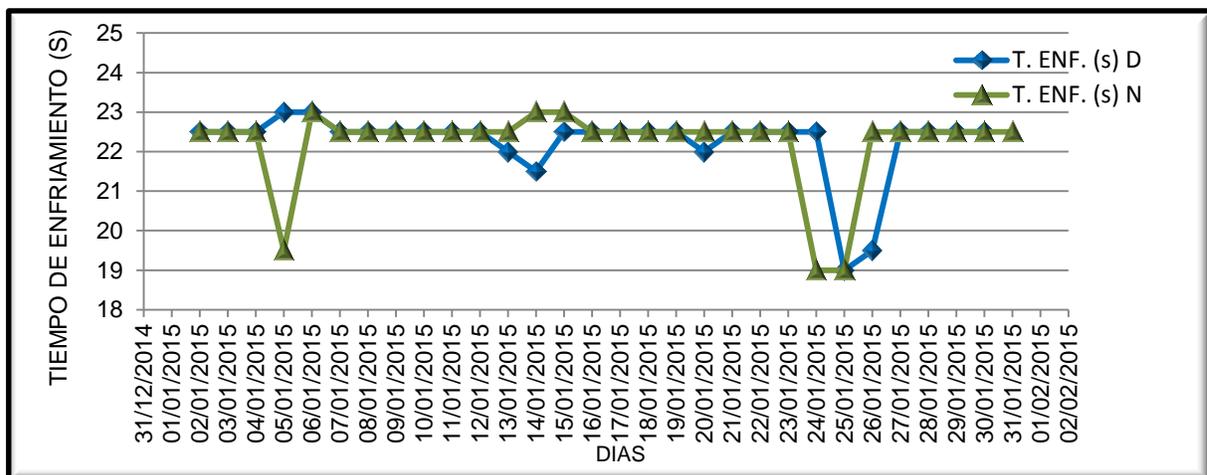


Figura N°24 Tiempo de enfriamiento de las tapas pailas cavidad 4 y 5 para los turnos diurnos y nocturnos

En esta figura puede apreciarse cómo el tiempo de enfriamiento se mantiene constante en casi todo el mes de análisis, manteniéndose en 22,5 segundos, salvo algunas fluctuaciones, como ocurre en las observaciones 4 y 5 del turno diurno y las observaciones 13 y 14 del turno nocturno, donde el tiempo se incrementa de 22,5 s a 23 s, y descensos bruscos en las observaciones 4, 23 y 24 en el turno nocturno y 24 y 25 en el turno diurno, descendiendo de 22,5 s hasta 18 y 19 s aproximadamente. Estas fluctuaciones podrían estar vinculadas con una inadecuada manipulación del controlador por parte del personal encargado, ante la presencia de alguna inconformidad presente en la pieza, como problema en sus dimensiones o presencia de alabeo, dificultades con el dosificador de material, fallas en la máquina o molde gemelo de la tapa.

Tiempo de mantenimiento

De manera similar a la presión de mantenimiento, una manipulación inadecuada del tiempo de mantenimiento en el proceso de inyección de las tapas, influye sobre las dimensiones de las tapas (ambas cavidades), y sobre la aparición de alabeo, rebaba y pieza incompleta, por lo que su control y manipulación debe estar en manos de personal capacitado.

A continuación, se evidencia en las figuras N° 25, 26, 27 y 28 el comportamiento de las observaciones en el tiempo, del tiempo de mantenimiento en las distintas zonas del proceso de inyección de las tapas, durante los 30 días continuos de análisis.

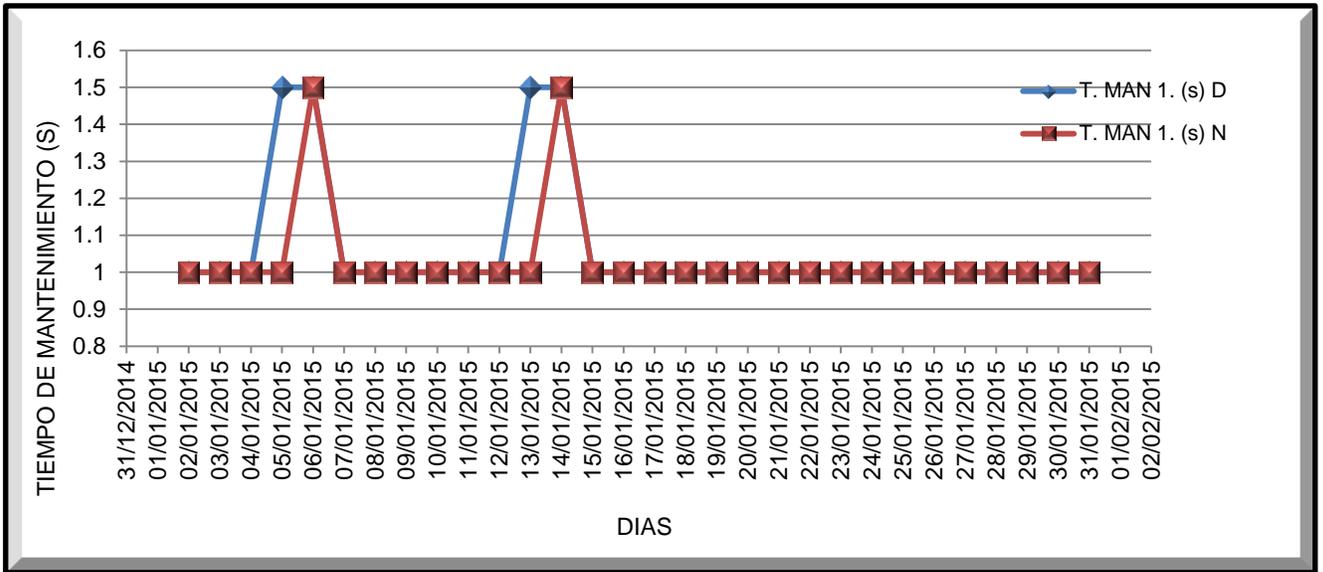


Figura N°25 Tiempo de mantenimiento N°1 de las tapas pailas cavidad 4 y 5 para los turnos diurnos y nocturnos.

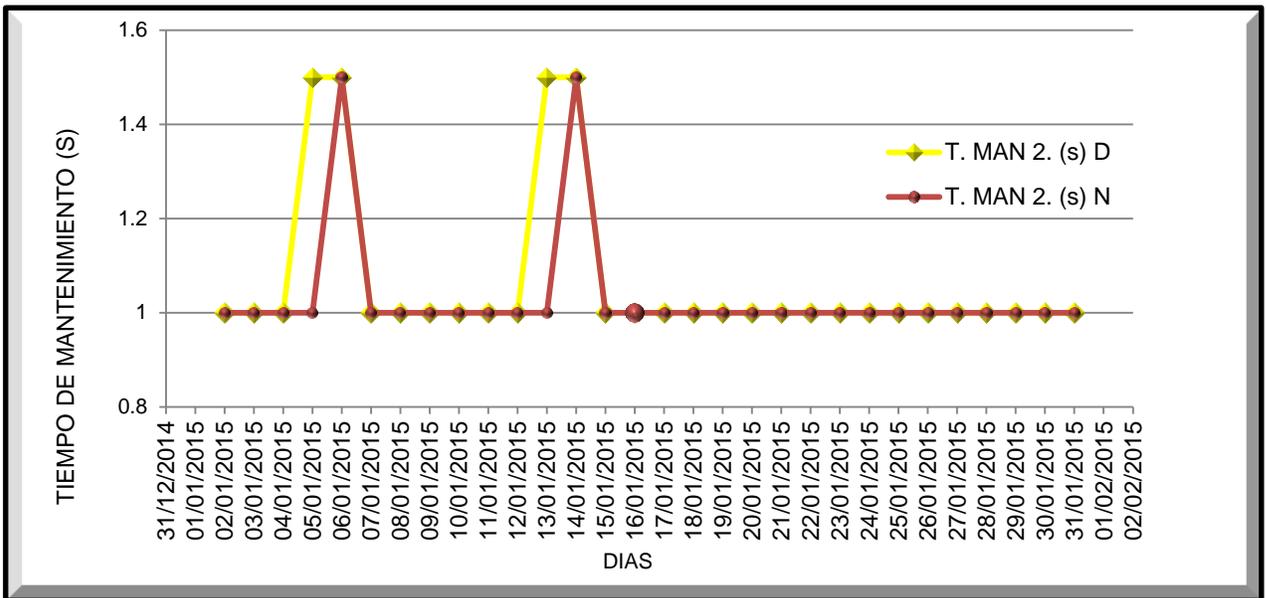


Figura N° 26 Tiempo de mantenimiento N°2 de las tapas pailas cavidad 4 y 5 para los turnos diurnos y nocturnos.

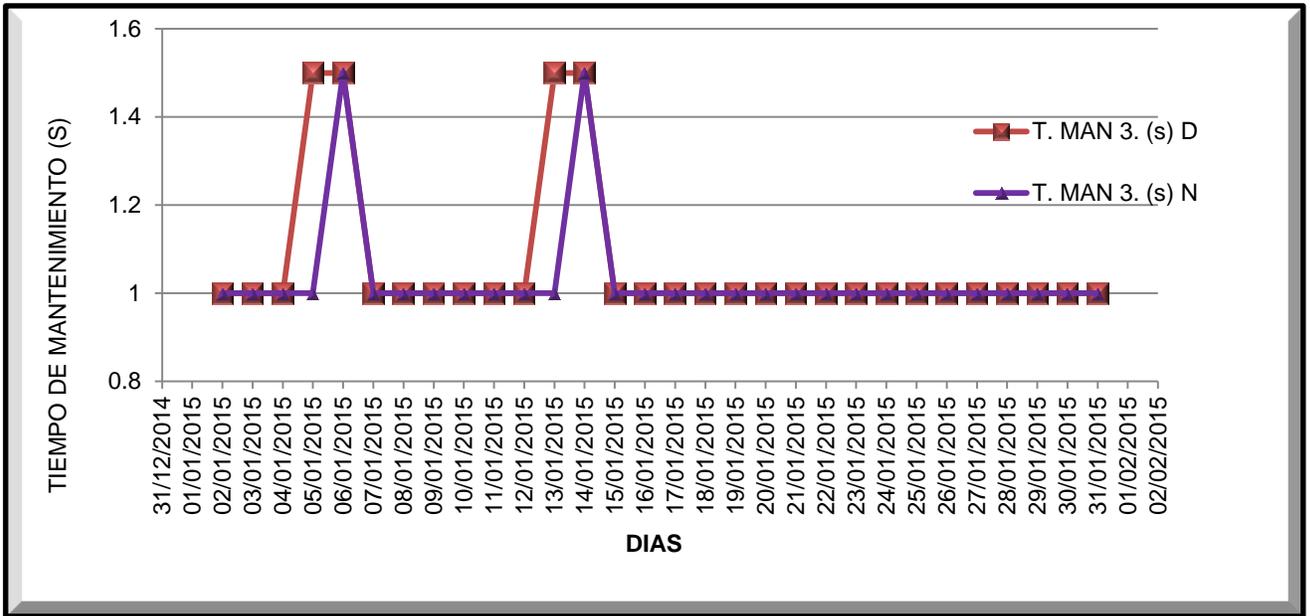
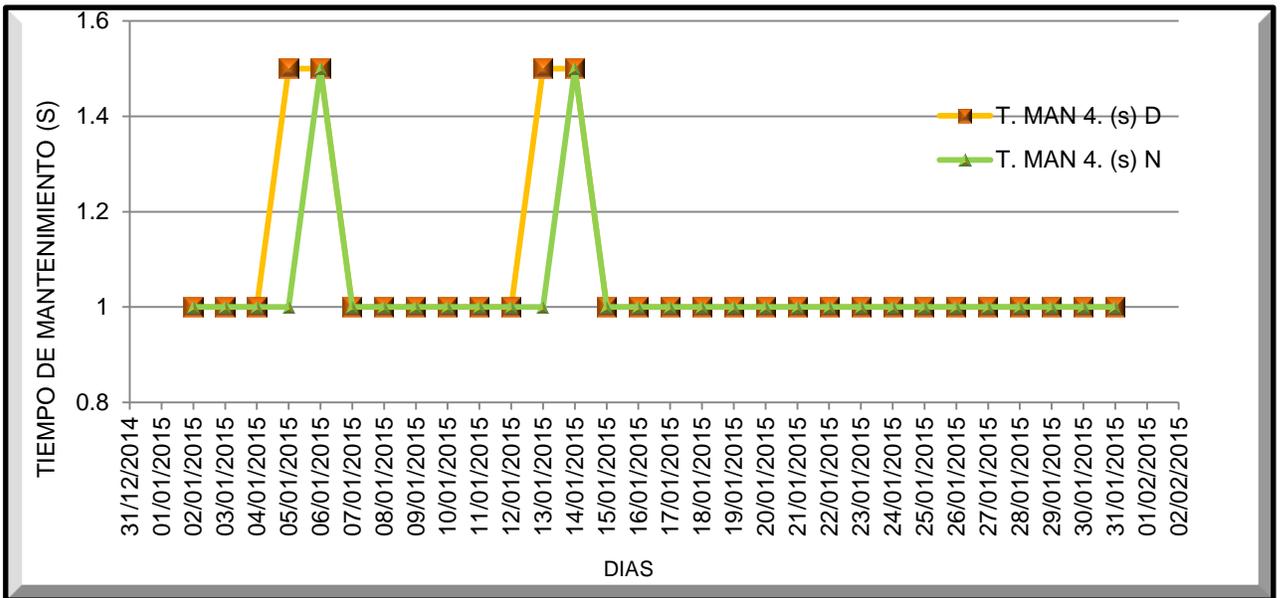


Figura N°27 Tiempo de mantenimiento N°3 de las tapas pailas cavidad 4 y 5 para los turnos diurnos y nocturnos.



FiguraN°28 Tiempo de mantenimiento N°4 de las tapas pailas cavidad 4 y 5 para los turnos diurnos y nocturnos.

Es posible observar en las figuras N° 25, 26, 27 y 28, que los cuatro tiempos de mantenimiento del proceso de inyección de las tapas, presentan un comportamiento análogo durante el turno diurno, evidenciándose fluctuaciones,

específicamente en las observaciones 4, 5 ,11 y 12, mientras que el resto de las observaciones permanecen constantes.

Situación similar ocurre en el turno nocturno: las observaciones que evidenciaron un comportamiento variable corresponde a los puntos 5 y 13, mientras que el resto de las observaciones permanecen constantes en el tiempo.

La variación del tiempo de mantenimiento en las cuatro zonas es semejante a la encontrada para la presión de mantenimiento, pudiendo acreditársele a una manipulación inadecuada de las variables del proceso ante la presencia de alguna inconformidad en la pieza o ante fallas en el molde y/o deficiencias en el mantenimiento de éste, por deberse a un molde gemelo el mantenimiento es un poco más riguroso que otros moldes.

Contrapresión

Según la figura N° 29, que corresponde a la característica de calidad contrapresión, para los turnos diurno y nocturno, las observaciones tienden a mantenerse constantes en el tiempo y con un valor de 20 Bar, salvo la presencia de picos los días 06 y 07-01 donde desciende hasta 15 Bar para ambos turnos y los días 26-01 y 30-01, cuando caen hasta 15 mm para el turno diurno y nocturno, respectivamente.

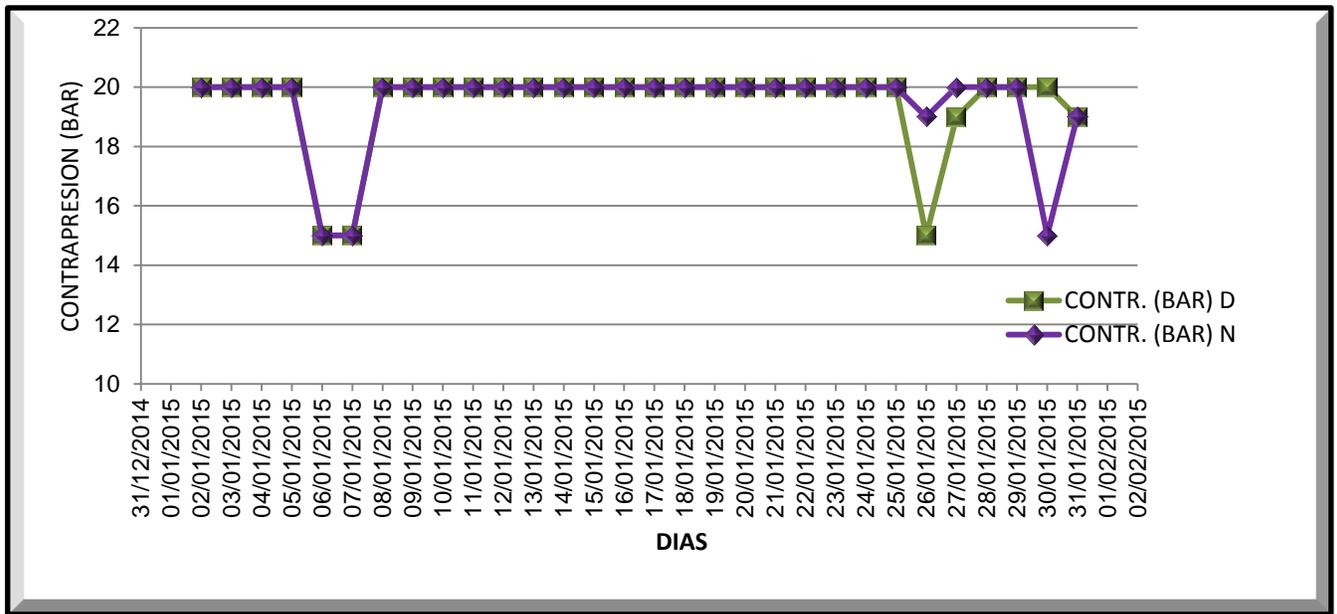


Figura N°29 Contrapresión de las tapas pailas cavidad 4 y 5 para los turnos diurnos y nocturnos.

Una posible causa de la variación evidenciada en la figura N°29, puede adjudicarse a la manipulación del controlador por personal no capacitado, inconvenientes o fallas con el molde, siendo este molde gemelo crítico, por el hecho de mantener en equilibrio ambas cavidades de la tapa, o fallas en la maquinaria por desgaste de piezas o falta de mantenimiento preventivo.

Esta variación y desajuste de la contrapresión en el proceso de inyección de las tapas trae como consecuencias inconvenientes en el dimensionamiento de la pieza, siendo esta característica sumamente importante ya que compromete la hermeticidad en el momento del acoplamiento de la tapa con el envase.

Identificar de las causas potenciales de variación de las características críticas de calidad del proceso de fabricación del envase de 4 galones y su respectiva tapa.

En el estudio de la variación expresada por las distintas características críticas de calidad que se hizo a través de las respectivas gráficas de tiempo, se pudo observar como muchas de estas características se ven afectadas al tener que

reajustar algunas de ellas, como ocurre por ejemplo con las presiones y tiempos de mantenimiento, de modo que pareciera que la variación de algunas características críticas de calidad estuviera condicionada entre sí a los cambios que pudieran experimentar otras. Esta condición, junto al alto nivel de automatización del proceso dificulta de manera importante no solo la identificación de las causas que potencialmente pudieran estar generando su variación, sino la propuesta de acciones concretas que pudieran reducirlas y que a su vez resultaran viables. En vista de ello, se procedió a identificar las causas de variación mediante la construcción de los correspondientes diagramas de Ishikawa pero no de las características críticas de calidad sino de los defectos cuya presencia en los envases y tapas se asocia a la variación de estas características críticas, de acuerdo a los resultados expresados en el cuadro N°8, obtenida mediante el MDMB.

Seguidamente se aplicó la técnica de los 5 porqué, a las causas resultantes de estos Ishikawa, con la colaboración de los ingenieros de producción, calidad y operadores involucrados en las líneas de fabricación de los envases de 4 galones y sus tapas, cavidades 4 y 5.

Diagramas de Ishikawa de los defectos en los envases de 4 galones y sus tapas.

Los siguientes diagramas de Ishikawa, correspondientes a las figuras N°30,31, 32 y 33, pertenecen a los defectos de calidad que se presentan tanto en los envases de 4 galones como en las tapas cavidades 4 y 5.

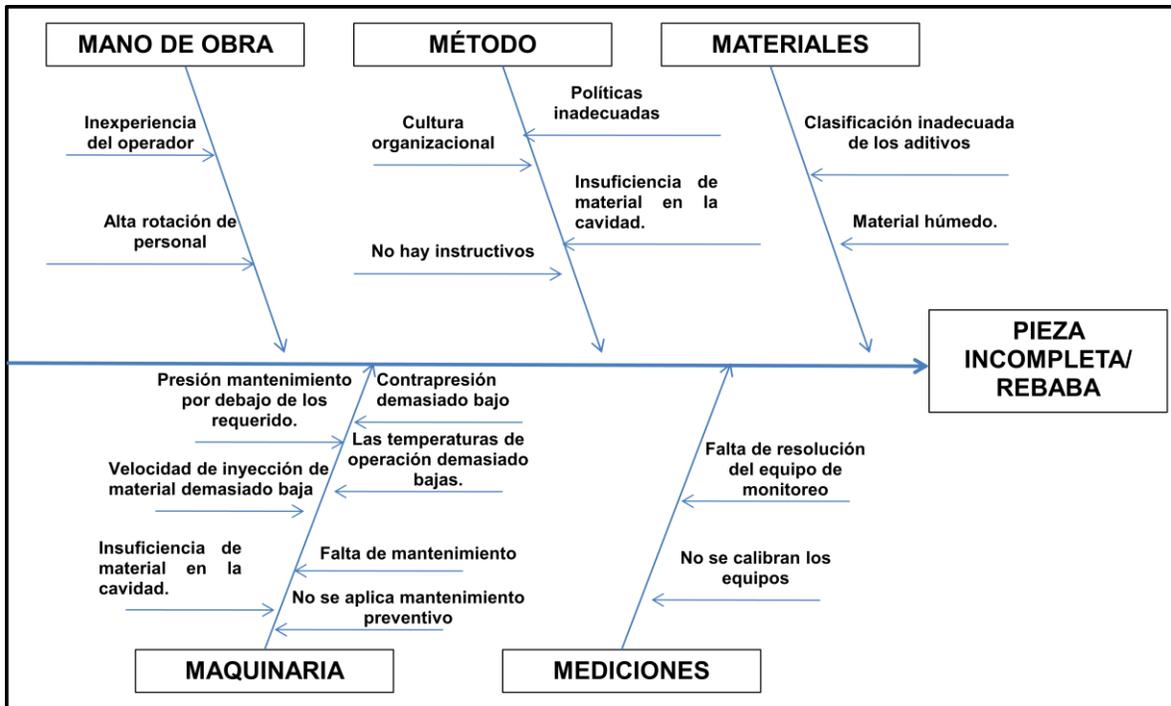


Figura N° 30. Diagrama de Ishikawa para el defecto de pieza incompleta o rebaba en los envases de 4 galones y sus tapas

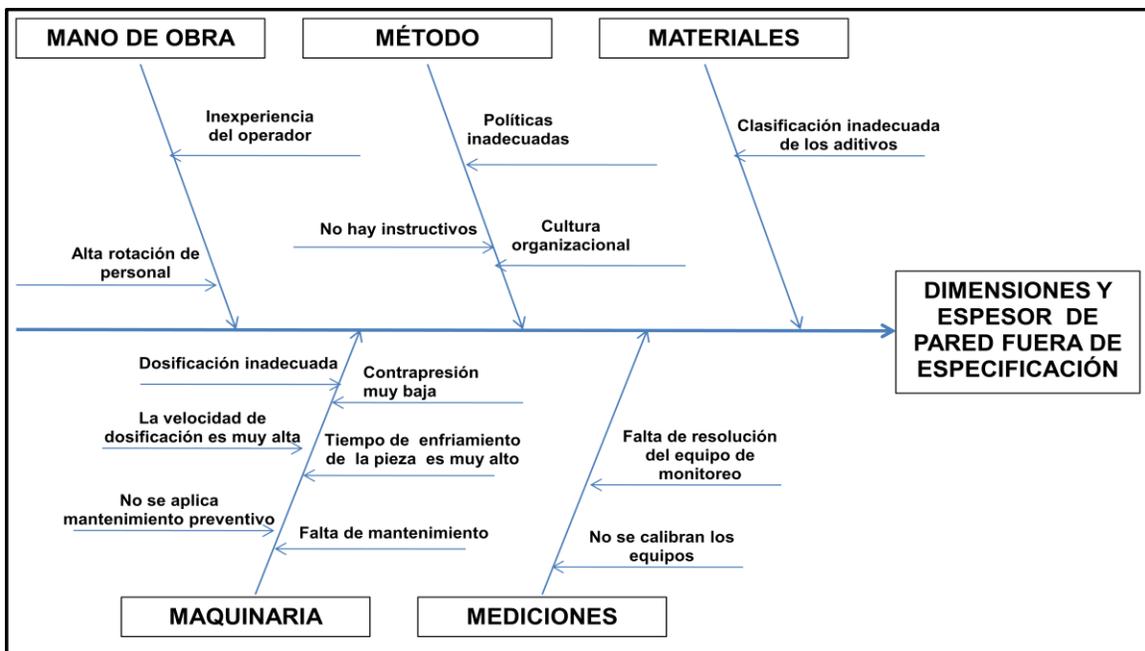


Figura N° 31. Diagrama de Ishikawa para el defecto de dimensiones y espesor de pared fuera de especificaciones en los envases de 4 galones y sus tapas

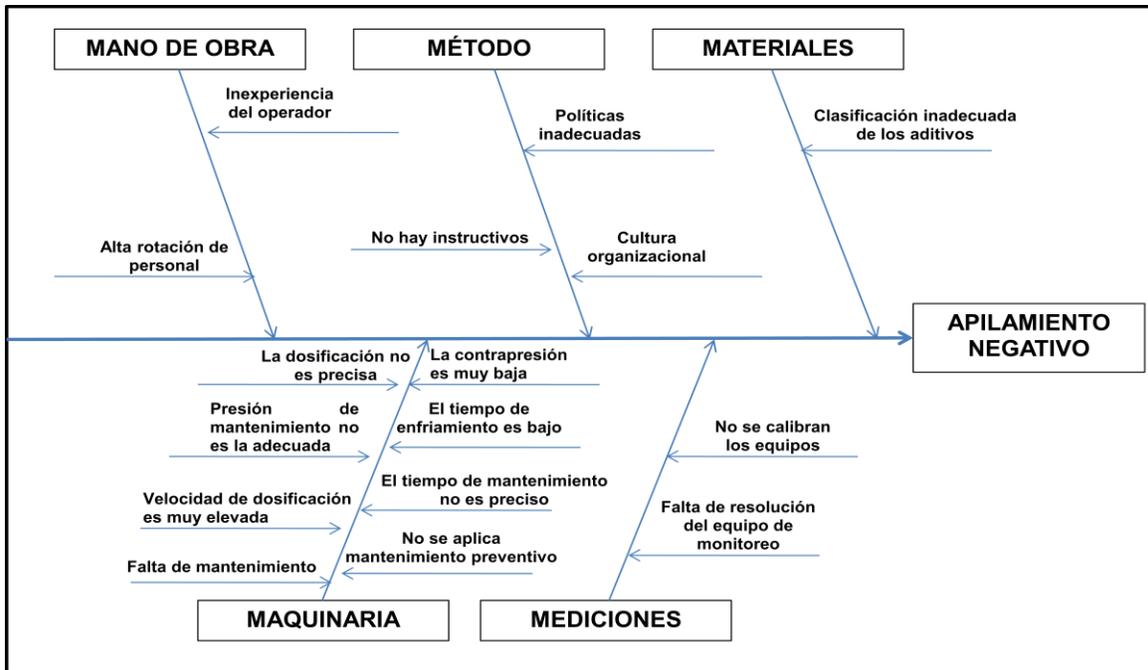


Figura N° 32. Diagrama de Ishikawa para el defecto de apilamiento negativo en los envases de 4 galones y sus tapas

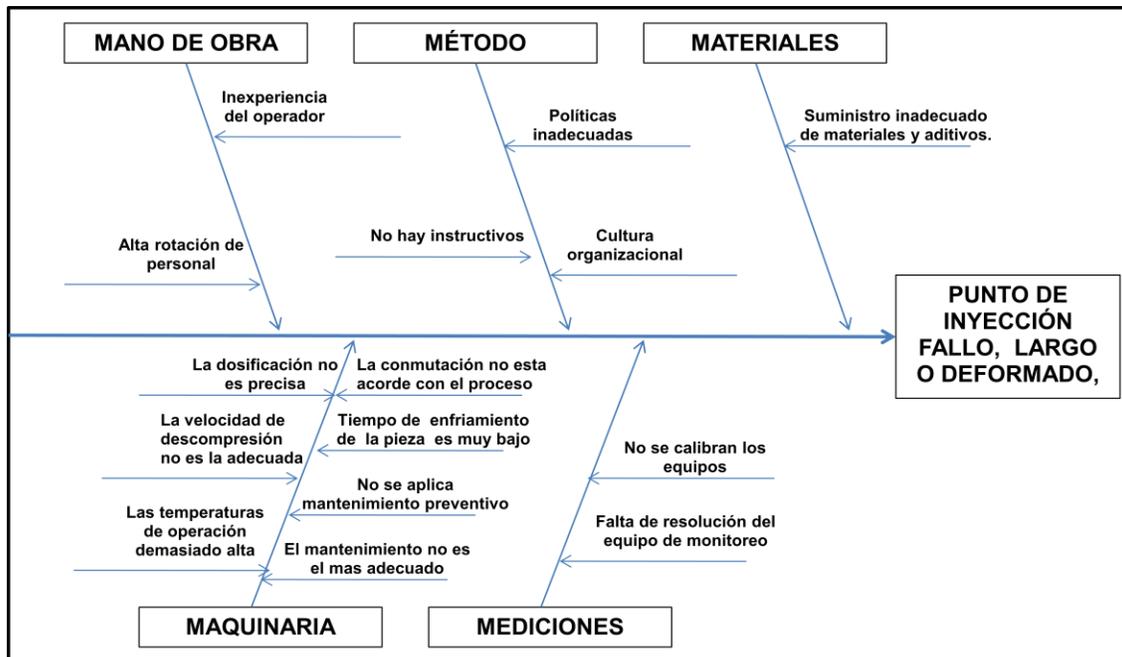


Figura N° 33. Diagrama de Ishikawa para el defecto de punto inyección en los envases de 4 galones y sus tapas.

Se puede apreciar, en estos cuatro diagramas, que las causas asociadas a las categorías mediciones y mano de obra son iguales, observándose algunas variaciones en las causas secundarias de las categorías materiales, método y maquinaria; siendo estas causas no comunes, según grupo de decisión conformado por los ingenieros de planta, personal de calidad y la Gerencia de operaciones, las que se detallan seguidamente:

- **Materiales**

Material húmedo: La materia prima que se emplea en el proceso no debe encontrarse contaminada y mucho menos húmeda, debido a que la humedad de la misma no permite que alcance la temperatura adecuada para que ocurra la plastificación, impidiendo que el material se funda de forma homogénea. Esto ocasiona que el proceso de inyección y llenado de molde no se ejecute de forma adecuada, y la pieza final tenga un acabado incompleto.

Clasificación inadecuada de material: Cuando se recibe la materia prima debe identificarse de forma adecuada, de lo contrario causa confusión en los operarios, los cuales emplean lotes de materiales erróneos en el proceso productivo o emplean materia prima que no es apta para el proceso.

Suministro de material: Los aditivos y materiales deben mezclarse de forma homogénea, y la mezcla debe ocurrir antes de que se alimente la tolva, de lo contrario el proceso de plastificación no va a ser uniforme.

- **Método**

Insuficiencia de material en la cavidad: El ajuste de la alimentación de las cavidades del molde debe ejecutarse de forma precisa y en función del tamaño de dicho molde, de lo contrario las piezas se obtendrán incompletas o con rebabas.

- **Maquinaria**

Presión de mantenimiento inadecuada: El objetivo de la presión de mantenimiento es completar el llenado del molde y compensar la contracción del

material dentro del molde, introduciendo un poco más de material fundido en el mismo. El ajuste inadecuado de la presión de mantenimiento ocasiona que la pieza salga incompleta o con rebaba.

Temperaturas de operación demasiado bajas: Estas temperaturas se ajustan en función del material fundido, las mismas deben ser constantes, ya que determinan las propiedades estructurales de la pieza de moldeo. El ajuste inadecuado de las temperaturas de operación puede traer como consecuencia que la pieza se obtenga incompleta, con rebaba o con el punto de inyección deforme o alto.

Velocidad de inyección: Las variaciones de la velocidad de inyección se llevan a cabo cuando se modifica la dosificación en el proceso, y su vez la dosificación varía en función del molde, por tanto se debe ajustar de forma correcta la dosificación y luego la velocidad de inyección para evitar defectos como pieza incompleta o rebaba.

Tiempo de mantenimiento no es preciso: Si la temperatura de operación del molde es elevada, se requiere ajustar el tiempo de mantenimiento, aumentándolo; para que la pieza se enfríe dentro del molde y así garantizar la estabilidad del material y con ello la resistencia de la pieza, de lo contrario no soportarían el apilamiento, deformándose o fracturándose.

Velocidad de descompresión inadecuada: Es la velocidad aplicada al retraer el husillo, con la finalidad de liberar la presión ejercida sobre el plástico de tal manera que no se escurra el material al momento en que se abra el molde. Si esta velocidad es inadecuada, las piezas pueden tener un punto de inyección largo o deformado.

Insuficiencia de material en la cavidad: El mantenimiento preventivo de los moldes es indispensable para garantizar que sus cavidades permitan la entrada del material, si las cavidades se encuentran obstruidas impiden que la alimentación del molde se lleve a cabo de forma correcta ocasionando que la pieza moldeada tenga un acabado incompleto.

En la figura N° 32, diagrama de Ishikawa, para el defecto de apilamiento negativo en los envases de 4 galones y sus tapas, se debe resaltar que las causas secundarias, como velocidad de dosificación elevada y contrapresión muy baja, no influyen en la misma proporción en los procesos de producción de envases y tapas, teniendo mayor incidencia en la producción de envases con relación al defecto de apilamiento negativo, que en las tapas.

Las figuras N° 34, 35 y 36 corresponden a los diagramas de Ishikawa de los defectos caída libre de impacto negativo, fondo ondulado y color fuera de patrón, respectivamente, los cuales fueron considerados únicamente en los envases de 4 galones, de acuerdo a la información presentada en el cuadro N° 8.

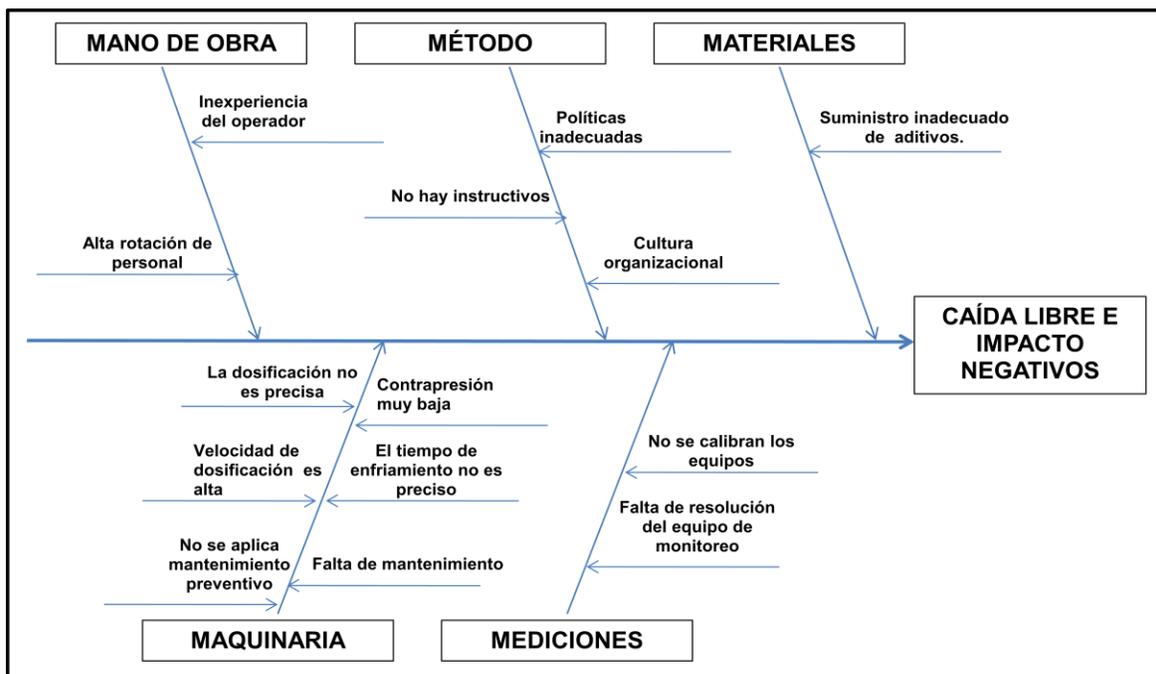


Figura N° 34. Diagrama de Ishikawa para el defecto de caída libre e impacto negativo en los envases de 4 galones

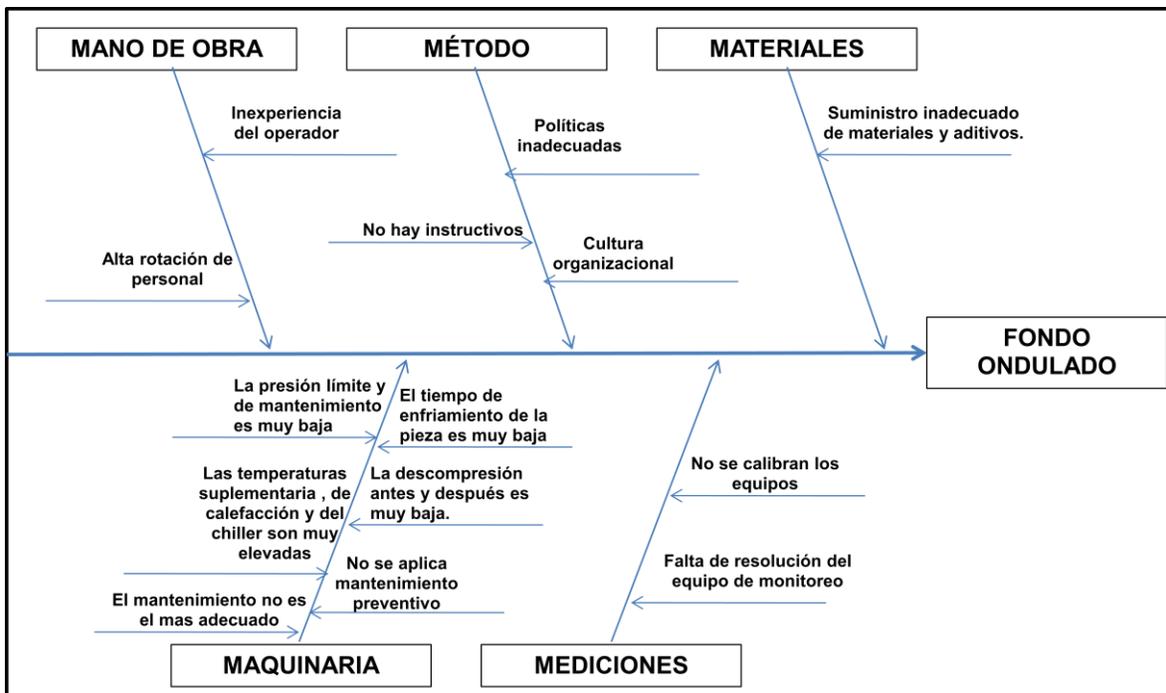


Figura N° 35. Diagrama de Ishikawa para el defecto de fondo ondulado en los envases de 4 galones.

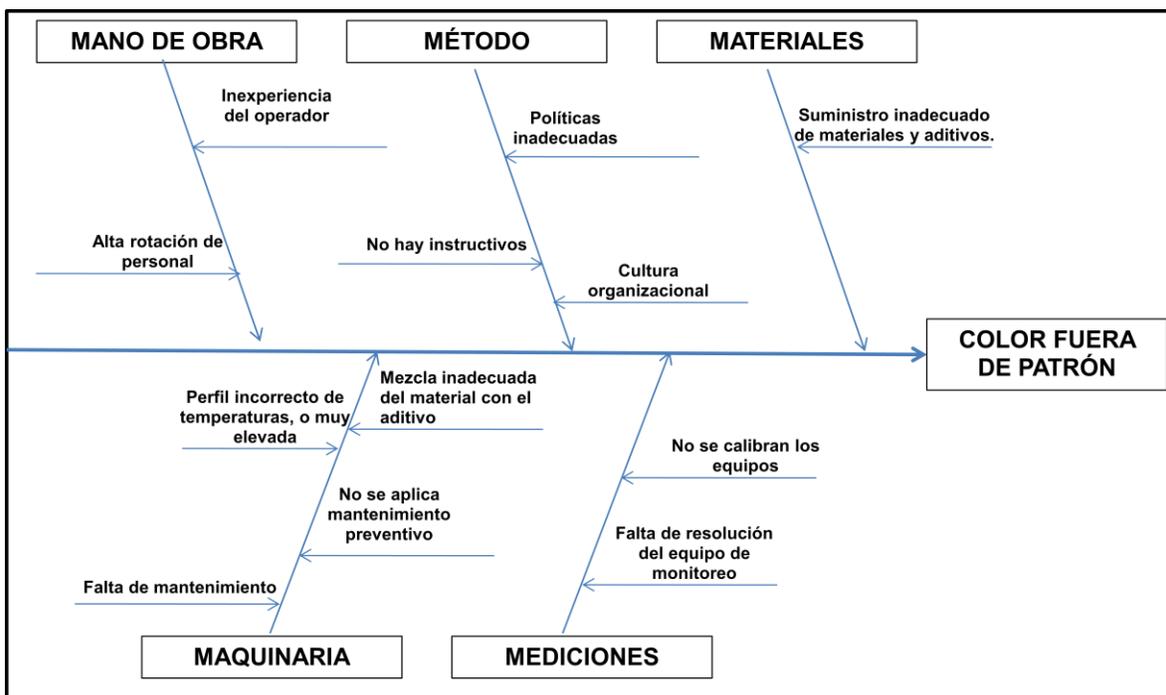


Figura N° 36. Diagrama de Ishikawa para el defecto de color fuera de patrón en los envases de 4 galones.

Las causas asociadas a las mismas categorías (materiales, método, mediciones, maquinarias y mano de obra), resultaron coincidentes para los tres defectos mencionados. Sin embargo, se pueden apreciar algunas excepciones, tales como:

Descompresión antes y después, muy baja, como una causa asociada a la ocurrencia del fondo ondulado en la categoría maquinaria: La distancia de carga en el cilindro debe ser suficiente para que se pueda llenar aproximadamente el 90-99 % del molde durante la fase de inyección; la misma puede ocurrir antes o después de la dosificación. Si la descompresión es muy baja puede ocasionar que el fondo de los envases tenga un acabado ondulado.

Mezcla inadecuada de material con el aditivo, como causas asociada a la ocurrencia del color fuera de patrón en la categoría maquinaria: El proceso de mezclado entre la materia prima y el aditivo (pigmento de color), debe ser homogéneo, para que el color del envase sea estándar.

Por último, las figuras N° 37 y 38 corresponden a los diagramas de Ishikawa de los defectos de calidad observados únicamente en las tapas pailas, según la información del cuadro N° 8.

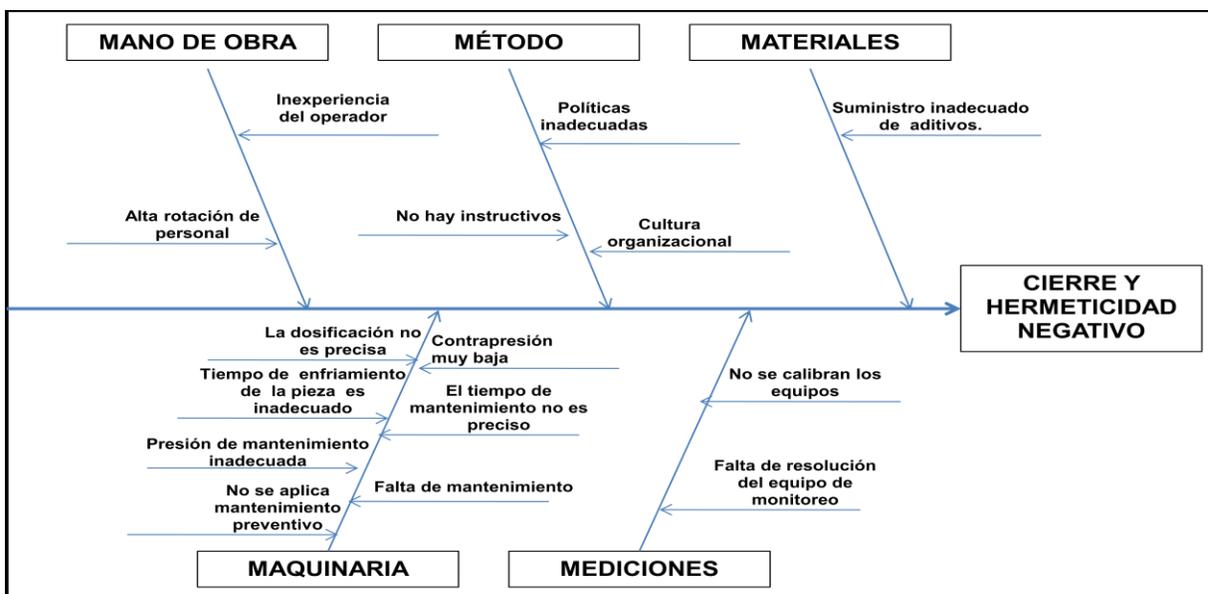


Figura N° 37. Diagrama de Ishikawa para el defecto de cierre negativo y hermeticidad negativa en las tapas de los envases de 4 galones

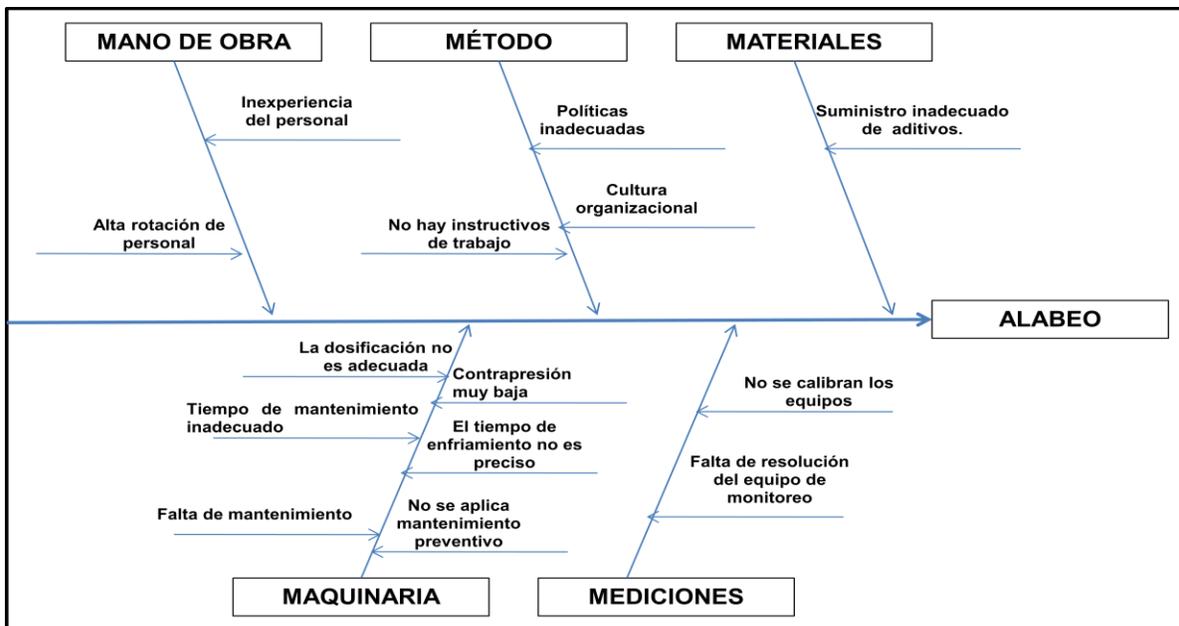


Figura N° 38. Diagrama de Ishikawa para el defecto de alabeo en las tapas de los envases de 4 galones

Las causas secundarias asociadas tanto al defecto de cierre y hermeticidad negativo como alabeo de las tapas, coinciden con las exhibidas por los diagramas correspondientes a los defectos apilamiento negativo y caída e impacto negativo.

Técnica de los 5 porqués

Para determinar las causas raíces de las causas principales obtenidas por medio del diagrama de Ishikawa, se empleó la técnica de los 5 porqués, para lo que se desarrollaron las 6 categorías principales: Materiales, método, mantenimiento, medio ambiente, maquinaria y mediciones. A continuación se presentan los resultados obtenidos por elemento:

- **Materiales:** Los aspectos que más incidieron en este elemento de la organización, se exhiben a continuación:

Clasificación inadecuada de los materiales: Debido a las limitaciones de espacio físico para el almacenamiento de las materias primas empleadas en la fabricación de envases y tapas, los materiales se encuentran ordenados de la manera menos apropiada para ser utilizados en el proceso (ver cuadro N° 16).

Material húmedo: Este inconveniente se debe a la exposición inadecuada del material, exponiéndose al sol y la lluvia, compromete la integridad del mismo, (ver cuadro N° 17).

Disminución de suministros de material: Debido a las grandes fluctuaciones de precio de las materias primas, la empresa se ha visto en la necesidad de reducir las cantidades de éstas que incluye normalmente en sus formulaciones. Para tratar de solventar o contrarrestar esta medida, se propone realizar pruebas y desarrollos de experimentos planificados antes de la modificación de nuevos estándares en los parámetros operacionales, que afectan la calidad del producto, (ver cuadro N ° 18).

Suministro inadecuado de aditivos: Según técnica de los 5 porqués, se detectó que la mezcla de los aditivos con el material es realizada de forma manual, por falta de un sistema adecuado de dosificación, por lo que la mezcla no se realiza de forma uniforme o con los porcentajes requeridos de materia y aditivo (ver cuadro N° 19).

Cuadro N°16. Técnica de los 5 porqués aplicada a la clasificación inadecuada del material utilizado en envases y tapas.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, apilamiento negativo, dimensiones y espesor fuera de especificación.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envases 4 galones y tapas				Causa: Clasificación inadecuada de los materiales			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^a Ronda	Hipót.	5 ^a Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué no se clasifica de forma adecuada los materiales?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué no se mantiene un orden estricto por lote en el área de almacenaje?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué se almacena en algunos casos el material con otros lotes en un mismo pasillo?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué el área de almacenaje del material es limitada?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué no evaluaron la necesidades de espacios	-Identificar el lote del material con etiquetas fluorescentes. - Llevar un control por lote de los kilos existente y los kilos utilizados, para asegurar el uso total del lote antes de iniciar un lote nuevo. -Identificar por lote el uso final del material, de acuerdo a sus propiedades, es decir, si es destinado a envases, tapas u otros.
Respuesta 1	Porque no se mantiene un orden estricto por lote en el área de almacenaje	Respuesta 2	Porque se almacena en algunos casos el material con otros lotes en un mismo pasillo.	Respuesta 3	Porque el área de almacenaje del material es limitada	Respuesta 4	La Empresa cambio de rubro, hace 15 años y no evaluó las necesidades de espacio para este nuevo proceso productivo.	Respuesta 5	Porque no se realizó un diseño previo de la planta considerando las necesidades de las mismas, o futuras necesidades	-Evaluar la posibilidad de expandir los galpones de almacenamiento.

Cuadro N° 17. Técnica de los 5 porqués aplicada al material húmedo presente en el proceso de fabricación de envases y sus tapas.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta y rebaba							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envases 4 galones y sus tapas				Causa: Material húmedo			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué el material se encuentra húmedo?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué su saco protector se deteriora y en invierno se moja?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué se almacena a la intemperie?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué el área de almacenaje del material es limitado?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué no evaluaron las necesidades de espacios	-Tapar el material almacenado a la intemperie con lonas o plástico termoflexible. -Instalar toldos o techos en el área de almacenamiento del material. -Evaluar la posibilidad de expandir los galpones de almacenamiento.
Respuesta 1	¿Porque su saco protector se deteriora y en invierno se moja?	Respuesta 2	Porque se almacena a la intemperie, bajo sol, el saco se deteriora y el material entra en contacto con la humedad u otro agente contaminante	Respuesta 3	Porque el área de almacenaje del material es limitada	Respuesta 4	La Empresa cambio de rubro, hace 15 años y no evaluó la necesidades de espacio para este nuevo proceso productivo	Respuesta 5	Porque no se realizó un diseño previo de la planta considerando las necesidades de las mismas, o futuras necesidades	

Cuadro N° 18. Técnica de los 5 porqués aplicada a la disminución de suministro de material en el proceso de fabricación de envases y tapas

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta y rebaba							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase de 4 galones y sus tapas				Causa: Disminución de suministro de material			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué existe una disminución en el suministro de material?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué la gerencia busca el consumo mínimo de materiales y/o aditivos para la obtención del producto?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué el suministro de la materia prima para la producción cada día es más difícil y costoso por parte del estado para mantener activa la producción?	Pregunta a respuesta 3	N/A	Pregunta a respuesta 4	N/A	-Realizar pruebas y desarrollos de experimentos planificados antes de la modificación de nuevos estándares en los parámetros operacionales.
Respuesta 1	Porque por instrucciones de la gerencia se busca el consumo mínimo de materiales y/o aditivos para la obtención del producto	Respuesta 2	Porque el suministro de la materia prima para la producción cada día es más difícil y costoso por parte del estado para mantener activa la producción	Respuesta 3	Por la situación política, social y económica que atraviesa actualmente Venezuela.	Respuesta 4	N/A	Respuesta 5	N/A	

Cuadro N° 19. Técnica de los 5 porqués aplicada a la clasificación inadecuada de los aditivos en el proceso de fabricación de envases y tapas

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Dimensiones y espesor fuera de especificación, cierre y hermeticidad, caída libre e impacto negativo, punto de inyección fallo, deforme o largo, color fuera patrón, fondo ondulado, pieza incompleta y rebaba.					
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envases 4 galones y sus tapas			Causa: Suministro inadecuado de aditivos.		
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué no se suministra el material de forma adecuada?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué la mezcla de materiales y aditivos es realizada de forma manual por el operador de máquina?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué se ha venido generando incertidumbre con el porcentaje dosificado por la máquina?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué es distinta la mezcla manual y la del dosificador de la máquina?	-Revisar y si es necesario reemplazar el dosificador de las máquinas de inyección que lo requieran. *Programar mantenimientos periódicos de este tipo de instrumentos de las máquinas. *Realizar instructivos de operación para evitar desviaciones en la mezcla de dosificación manual realizada por el operador encargado.
Respuesta 1	Porque la mezcla de materiales y aditivos es realizada de forma manual por el operador de máquina	Respuesta 2	Porque se ha venido generando incertidumbre con el porcentaje dosificado por la máquina	Respuesta 3	Porque al realizar comparaciones de la mezcla manual con la realizada por el dosificador éstas son distintas	Respuesta 4	Porque el dosificador de la máquina necesita ser revisado o reemplazado	

- **Método:** La metodología de trabajo influye de forma significativa en el desarrollo del proceso productivo, por tanto durante la evaluación de las fallas del proceso resaltó lo siguiente:

Políticas inadecuadas: Fue posible detectar como una de las principales causas de muchos de los problemas observados en el proceso productivo, radican en el hecho de que la empresa no cuenta con un procedimiento para explicar de manera clara y detallada las distintas rutinas de trabajo ni cómo proceder en aquellos casos donde se presentan desviaciones de los procedimientos esperados que ocurran con la maquinaria o los operarios las posibles medidas para corregir estas fallas (ver el cuadro N° 20).

No existen instructivos de trabajo: Por medio del diagrama de Ishikawa, se encontró que por desconocimientos de normas, relacionadas con la organización empresarial, no existen instructivos de trabajo, donde se describa de forma clara y precisa como ejecutar las actividades del proceso. En el cuadro N°21 se presentan las causas y algunas propuestas de mejora.

Cultura organizacional: Para el desarrollo adecuado de la organización es necesario que el personal se identifique con la misma, con la cultura de la empresa, Moral, Valores, entre otros; es por ello que se consideraron ciertos aspectos que deben evaluarse (ver cuadro N° 22).

- **Mano de obra:** En esta categoría se considerando dos causas que influyen de forma muy drástica en el desarrollo de un proceso productivo, la cuales son; La inexperiencia del operador y alta rotación de personal. En los cuadros N° 23 y 24 se puede apreciar las matrices de los 5 porque vinculadas con estas dos causas, ya mencionadas.

Cuadro N° 20. Técnica de los 5 porqués aplicada a políticas inadecuadas de la organización, encargada de la fabricación de envases 4 galones y tapas.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, rebaba, dimensiones y espesor fuera de especificación, hermeticidad, apilamiento e impacto negativo, punto de inyección fallo, deforme o largo, color fuera de patrón, alabeo, fondo ondulado.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y tapas				Causa: Políticas inadecuadas			
1era Ronda	Hipót.	2da Ronda	Hipót,	3era Ronda	Hipót.	4ta Ronda	Hipót.	5ta Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué las políticas no son adecuadas?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué no existen normas específicas que se ajusten al proceso productivo de la Empresa?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué la Gerencia General no consideró necesario establecer normas para la ejecución de las actividades diarias del proceso productivo?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué no consideraron al personal que se requiere para llevar a cabo las partes del proceso que no son automatizadas?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué no consideraron que todo personal debe ser capacitado e instruido de forma minuciosa?	-Evaluar las actividades del proceso que no son automatizadas y establecer lineamientos para la ejecución controlada y minuciosa de las actividades del proceso.
Respuesta 1	No existen normas específicas que se deban seguir o ajustar al proceso productivo de la Empresa	Respuesta 2	La Gerencia general no consideró necesario establecer normas para la ejecución de las actividades diarias del proceso productivo	Respuesta 3	Por ser un proceso productivo, en su mayoría automatizado y no consideraron los aspectos del proceso que no se encuentran automatizados y dependen del personal.	Respuesta 4	No tomaron en cuenta que todo personal debe ser capacitado e instruido de forma minuciosa	Respuesta 5	Subestimaron el proceso, pensaron que por ser sencillo no se requería una capacitación e instrucción minuciosa	-Establecer tiempos de capacitación de todo el personal, sin importar la complejidad de las tareas a desarrollar, con el fin de que se ejecuten todas bajo un mismo esquema.

Cuadro N° 21. Técnica de los 5 porqués aplicada a la falta de instructivos de trabajo u operación en la organización, encargada de la fabricación de envases 4 galones y tapas.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, rebaba, dimensiones y espesor fuera de especificación, hermeticidad, apilamiento e impacto negativo, punto de inyección fallo, deforme o largo, color fuera de patrón, alabeo, fondo ondulado.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y tapas				Causa: No hay instructivo de operación			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót.	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué no hay instructivos de operación?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué no existen normas específicas que se ajusten al proceso productivo de la Empresa?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué la Gerencia General no consideró necesario establecer normas para la ejecución de las actividades diarias del proceso productivo?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué no consideraron al personal que se requiere para llevar a cabo las partes del proceso que no son automatizadas?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué no consideraron que todo personal deba ser capacitado e instruido de forma minuciosa?	-Elaborar un sistema de gestión que involucre aspectos de calidad y ambiente, que permitan desarrollar metodologías de trabajo que sean reflejadas en instructivos y manuales de procedimientos. -Contratar o capacitar personal que oriente e instruya a la Empresa en lo que es un sistema de gestión empresarial.
Respuesta 1	No existen normas específicas que se deban seguir o ajustar al proceso productivo de la Empresa	Respuesta 2	La Gerencia general no consideró necesario establecer normas para la ejecución de las actividades diarias del proceso productivo	Respuesta 3	Por ser proceso productivo, en su mayoría es automatizado y no consideraron los aspectos del proceso que no se encuentran automatizados y dependen del personal.	Respuesta 4	No tomaron en cuenta que todo personal debe ser capacitado e instruido de forma minuciosa	Respuesta 5	Subestimaron el proceso, pensaron que por ser sencillo no se requería una capacitación e instrucción minuciosa	

Cuadro N° 22. Técnica de los 5 porqués aplicada a la cultura organizacional de la organización, encargada de la fabricación de envases 4 galones y tapas.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, rebaba, dimensiones y espesor fuera de especificación, hermeticidad, apilamiento e impacto negativo, punto de inyección fallo, deforme o largo, color fuera de patrón, alabeo, fondo ondulado.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y tapas				Causa: Cultura organizacional			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué es necesario cambiar la cultura organizacional de la Empresa?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué no se establecieron valores y normas que rijan la conducta de los trabajadores de la organización?	Pregunta a respuesta 2	N/A	Pregunta a respuesta 3	N/A	Pregunta a respuesta 4	N/A	- Describir los valores y normas éticas que consideran los fundadores, y a su vez interrelacionarla con las del personal para unificar directrices laborales.
Respuesta 1	Porque la empresa no ha establecido los valores y normas que rijan la conducta de los trabajadores de la organización.	Respuesta 2	Porque por ser una empresa de carácter familiar, ésta ha sido administrada desde sus inicios bajo criterios de esta índole más que con preceptos gerenciales de la calidad.	Respuesta 3	N/A	Respuesta 4	N/A	Respuesta 5	N/A	

Cuadro N° 23. Técnica de los 5 porqués aplicada a la inexperiencia de los operadores de la organización, encargada de la fabricación de envases 4 galones y tapas.

Tabla 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, rebaba, dimensiones y espesor fuera de especificación, hermeticidad, apilamiento e impacto negativo, punto de inyección fallo, deforme o largo, color fuera de patrón, alabeo, fondo ondulado.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: envase de 4 galones y tapas.				Causa: Inexperiencia del operador			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué carece de experiencia el operador?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué se contrata personal que desconoce el proceso de inyección de plástico?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué el personal con experiencia no capacita de forma adecuada al personal?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué no se encuentra capacitado el personal para instruir a otros?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué la empresa no cuenta con un programa o método para adiestrar al personal?	-Generar programas de adiestramiento de personal, donde incluya manejo y operatividad de las máquinas de inyección.
Respuesta 1	El personal contratado en su mayoría desconoce cómo trabajan las máquinas de inyección de plástico, por tanto cometen frecuentes errores en el proceso	Respuesta 2	No existe en el país personal calificado para operar dichas máquinas y tampoco reciben una buena inducción por parte del personal con experiencia en la operatividad de las mismas.	Respuesta 3	Tienen experiencia empírica, y muchos de ellos no se encuentran capacitados para instruir a otros.	Respuesta 4	La empresa no cuenta con un programa o método adecuado para enseñar a otros una labor del proceso	Respuesta 5	La empresa carece de ciertos aspectos organizacionales, que consideran los programas de adiestramiento.	

Cuadro N° 24. Técnica de los 5 porqués aplicada a la alta rotación de personal de la organización, encargada de la fabricación de envases 4 galones y tapas.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, rebaba, dimensiones y espesor fuera de especificación, hermeticidad, apilamiento e impacto negativo, punto de inyección fallo, deforme o largo, color fuera de patrón, alabeo, fondo ondulado.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y tapas				Causa: Inexperiencia del operador			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^a Ronda	Hipót.	5 ^a Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué existe una alta rotación de personal?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué los salarios no se ajustan a las necesidades de un trabajador con experiencia?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué carece de un plan para evaluar el costo de la mano de obra calificada en función de las necesidades de la Empresa?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué no tiene un personal capacitado para evaluar la demanda laboral?	Pregunta a respuesta 4	N/A	-Realizar una evaluación de cada puesto de trabajo y considerar que tipo de capacitación o conocimientos requiere el personal que emplea. Paralelamente realizar un tabulador de sueldos y salarios y entrenar al personal de recursos humanos en el área de selección de nuevos empleados, enfocándose en el desarrollo productivo de la Empresa.
Respuesta 1	Los sueldos y salarios no se ajustan a las necesidades de los trabajadores, que tienen experiencia en el área.	Respuesta 2	La Empresa carece de estrategias o planes para evaluar el costo de mano de obra calificada.	Respuesta 3	La Empresa, no cuenta con un personal capacitado en el área de Recursos Humanos que evalúe dicha demanda laboral en función de la Empresa y la falta de una cultura organizacional donde el costo sea asumido más como una inversión en la relación costo-beneficio que debe manejar la gerencia de la empresa.	Respuesta 4	La Empresa no consideró necesario capacitar personal que evaluara los salarios de la mano de obra y como debe hacer la selección de nuevos empleados considerando las necesidades de la Empresa.	Respuesta 5	N/A	

- **Máquinas:** Realizar los ajustes de los parámetros operacionales de las máquinas de forma inadecuada, es una de las causas principales de los defectos que se observan en la piezas, a esto se les suma, la falta de mantenimiento y la incapacidad de algunos equipos para cubrir las demanda requeridas, entre otros; a continuación se presentan los problemas relacionados a estos aspectos y sus posibles causas raíces.

Mantenimiento: En esta categoría se analizan todas las actividades necesarias para mantener maquinarias, equipos e instalaciones en condiciones adecuadas. La misión del mantenimiento es implementar y mejorar en forma continua actividades, que permitan asegurar el buen funcionamiento de los equipos y maquinaria de la empresa y extender al máximo su tiempo de vida útil. (Ver cuadros N° 25 y26).

Insuficiencia de material en la cavidad del molde: El motivo principal de esta falla es que no se logra ajustar la cota de material, debido que el componente regulador del caudal de las bombas se encuentra averiado (ver cuadro N°27). Se propone sustituir el componente de control de caudal, para así poder estabilizar la máquina.

Presión límitepor debajo de lo requerido: Este problema se presenta, ya que el molde se encuentra desgastado, la forma en que lo operan es incorrecta, y también se debe a que no se le da un mantenimiento para controlar el desgaste continuo. Esto se debe en su mayoría a la falta de tiempo para realizar el mantenimiento, ya la exigencia de la Gerencia de no detener el proceso para garantizar las entregas en los tiempos prometidos, todo ello sin considerar la capacidad de la planta previo a la adquisición de estos compromisos con los clientes. (Ver cuadro N°28).

Cuadro N° 25. Técnica de los 5 porqués aplicada deficiencia en el mantenimiento de la organización, encargada de la fabricación de envases 4 galones y tapas

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, rebaba, dimensiones y espesor fuera de especificación, hermeticidad, apilamiento e impacto negativo, punto de inyección fallo, deforme o largo, color fuera de patrón, alabeo, fondo ondulado.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y tapas				Causa: Falta de mantenimiento			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué carece de mantenimiento la maquinaria y equipos?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué no se dispone de todos los repuestos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento que se requiere?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué el stock de repuesto y herramientas es limitado?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué se dificulta la obtención a corto plazo de los repuestos y herramientas para su mantenimiento y/o reemplazo?	Pregunta a respuesta 4	N/A	-Elaborar un inventario de los repuestos y herramientas vitales e imprescindibles por cada maquinaria y molde, para tramitar con anticipación la adquisición de las mismas y contar con un stock acorde a su demanda.
Respuesta 1	Porque no se dispone de todos los repuestos y herramientas necesarias para realizar el mantenimiento que se requiere	Respuesta 2	Porque el stock de repuesto y herramientas es limitado	Respuesta 3	Porque las maquinarias son italianas y se dificulta la obtención a corto plazo de los repuestos y herramientas para su mantenimiento y/o reemplazo.	Respuesta 4	Por la situación política-económica y que atraviesa Venezuela.	Respuesta 5	N/A	

Cuadro N° 26. Técnica de los 5 porqués aplicada a la falta de mantenimiento preventivo en la organización, encargada de la fabricación de envases 4 galones y tapas.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, rebaba, dimensiones y espesor fuera de especificación, hermeticidad, apilamiento e impacto negativo, punto de inyección fallo, deforme o largo, color fuera de patrón, fondo ondulado.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y tapas				Causa: No se aplica mantenimiento preventivo			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót.	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué no se aplica mantenimiento preventivo?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué el personal de mantenimiento no dispone del tiempo necesario para hacer cumplir con exactitud la planificación de requerimientos en planta?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué el personal de mantenimiento de la organización labora solo en un horario de turno normal?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué el personal capacitado del departamento es insuficiente para hacer una rotación de turnos?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué no todo el personal tiene la misma capacitación y no se cuenta con personal suficiente?	<ul style="list-style-type: none"> -Incrementar el número de personas que conforman el departamento de mantenimiento de la organización. -Capacitar a todo el personal del departamento e involucrarlo en todas las actividades que se realizan
Respuesta 1	Porque el personal de mantenimiento no dispone del tiempo necesario para cumplir con la planificación de las actividades preventivas acorde con las exigencias de la actividad de producción de la empresa.	Respuesta 2	Porque el personal de mantenimiento de la organización labora en solo un turno, y limita al personal a atender exclusivamente las fallas y emergencias que se presentan en tiempo real durante la producción, impidiéndoles cumplir con regularidad con algún mantenimiento programado	Respuesta 3	Porque el personal capacitado del departamento es insuficiente como para hacer una rotación de turnos	Respuesta 4	Porque no todo el personal tiene la misma capacitación e instrucción además de no contar con personal suficiente	Respuesta 5	Porque la organización no había sentido la necesidad de hacerlo	

Cuadro N° 27. Técnica de los 5 porqués aplicada a la insuficiencia de material en la cavidad del mole, de envases 4 galones y tapas

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta y rebaba.								
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y tapas				Causa: Insuficiencia de material en la cavidad.				
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót.	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas	
Pregunta 1	¿Por qué no hay suficiente material en la cavidad?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué no se ajusta de forma correcta la cota necesaria para la fabricación de la pieza?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué se desconoce los parámetros de operación del molde en función de la máquina?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué las bombas presentan problemas operacionales?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué las bombas no se encuentran calibradas?	-Sustituir el componente de control de caudal, para así poder estabilizar la máquina	
Respuesta 1	No se ajusta de forma correcta la cota de material para la fabricación de la pieza	Respuesta 2	Se desconocen los parámetros operacionales del molde en función de la máquina.	Respuesta 3	Porque la máquina presenta problemas operacionales con las bombas y obliga constantemente a realizar ajustes en la variable dosificación.	Respuesta 4	Porque no se encuentran calibradas	Respuesta 5	Se dañó el componente regulador de caudal de las mismas		

Cuadro N° 28. Técnica de los 5 porqués aplicada a la presión límite del proceso de inyección de envases 4 galones y sus tapas.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Dimensiones y espesor fuera de especificación, alabeo, apilamiento y hermeticidad negativo, Fondo ondulado.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y sus tapas				Causa: Presión limite por debajo de lo requerido.			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué la presión límite se encuentra por debajo de lo requerido?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué el molde se encuentra desgastado?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué el molde se emplea de forma indebida o excesiva?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué se debe aumentar la producción o reducir los tiempos de la misma?	¿Por qué la Gerencia exige en menor tiempo la producción?	¿Por qué la Gerencia promete al cliente una producción que no es posible cumplir sin forzar la maquinaria?	-Conocer las especificaciones del fabricante del molde para poder operarlo. -Darle un mantenimiento adecuado a los moldes.
Respuesta 1	Porque el molde se encuentra desgastado, y obliga a trabajar con menor presión	Respuesta 2	Por el uso indebido o excesivo del molde	Respuesta 3	Para aumentar la producción, o realizarla en un menor tiempo	Respuesta 4	Para cubrir las demandas requeridas por la Gerencia	Porque no planifica bien las ventas, y promete la producción en un tiempo que no es posible cumplir sin forzar la maquinaria	Porque no se vinculan con el día a día del proceso productivo y desconocen sus necesidades.	-Vincular a la gerencia en el día a día de la empresa.

Velocidad de inyección de material demasiado baja: Se ajusta la velocidad de dosificación en el proceso, cuando se requiere controlar el peso de la pieza que se pierde cuando se realiza un cambio drástico en la máquina (Se cambia de un producto a otro). Esto ocurre cuando se está fabricando un determinado tipo de producto y repentinamente hay que iniciar la producción del mismo envase pero de diferente color, lo que obliga a tener que reajustar todos los parámetros relacionados con la inyección de la pieza, todo ello sin una previa planificación por parte del departamento de ventas, que al no conocer el proceso y las implicaciones que acarrea este tipo de decisiones, contrae compromisos con los clientes sin los tiempos requeridos para llevar un plan de producción tal cual se recomienda. (Ver Cuadro N° 29).

Contrapresión demasiado baja: Estas fallas se deben a que las bombas de las máquinas no alcanzan el caudal necesario para mantener la presión requerida, debido a que los componentes eléctricos del regulador de caudal, se encuentran desgastados. Este desgaste se debe a que no recibieron un mantenimiento preventivo, ya que la empresa no cuenta con este tipo de programas dentro de su filosofía, concentrándose básicamente en las indicaciones de los equipos y maquinarias, las cuales se enfocan más hacia el funcionamiento con uso comercial de los equipos dejando en un segundo plano aquellas indicaciones que busquen extender la vida útil de los mismos (Ver Cuadro N° 30).

Cuadro N° 29. Técnica de los 5 porqués aplicada a la velocidad de Inyección del proceso de inyección de envases 4 galones.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones				Causa: Velocidad de inyección de material demasiado baja			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^a Ronda	Hipót.	5 ^a Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué la velocidad de inyección es muy baja?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué la pieza pierde peso durante el proceso?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué se cambiaron las proporciones de la dosificación?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué se realizan cambios drásticos de producción?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué se realizan cambios de producción para cubrir la demanda?	-Estandarizar los parámetros operativos, en función de la calidad de los productos, para evitar cambios bruscos.
Respuesta 1	Para poder controlar la disminución del peso de la pieza.	Respuesta 2	Porque se cambiaron las proporciones de la dosificación	Respuesta 3	Se cambian de forma drástica, para realizar ajustes por cambio de producto o acabado del mismo	Respuesta 4	Por la demanda del producto, se hacen cambios inmediatos para poder cumplir con los clientes.	Respuesta 5	Porque no se realiza una planificación de venta, en función a las capacidades del proceso.	-Familiarizar al personal de planificación de ventas con el proceso productivo.

Cuadro N°30. Técnica de los 5 porqués aplicada a la contrapresión del proceso de inyección de envases 4 galones y sus tapas.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, rebaba, hermeticidad, apilamiento y caída libre negativo, dimensiones y espesor fuera de especificación, alabeo.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y sus tapas				Causa: Contrapresión demasiado baja			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué la contrapresión está baja?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué las bombas no alcanzan un caudal necesario para mantener la presión requerida?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué los componentes del regulador de caudal se encuentran desgastados?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué no se le dio un mantenimiento preventivo?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué no existe en la empresa un programa de mantenimiento preventivo para las máquinas y equipos?	*Capacitar al personal con respecto al cuidado y mantenimiento de los equipos. *Implementar un programa de mantenimiento preventivo orientado a extender el tiempo de vida útil de los equipos y maquinarias dentro de la Empresa.
Respuesta 1	Porque las bombas de las máquinas no alcanzan el caudal necesario para mantener la presión requerida	Respuesta 2	Porque los componentes eléctricos del regulador de caudal, se encuentran desgastados	Respuesta 3	Porque no se les dio un mantenimiento preventivo	Respuesta 4	Porque no existe en la Empresa un programa de mantenimiento preventivo.	Respuesta 5	Porque el mantenimiento de la maquinaria y equipos, se basa en lo que suministran los manuales de los mismos, pero se encuentran más enfocados hacia lo comercial del equipo/máquina	-Desarrollar en la alta Gerencia de la empresa la cultura de los costos de evaluación de los procesos productivos como una filosofía enfocada a reducir al mediano y largo plazo los costos operativos de la organización.

Tiempo de enfriamiento de la pieza es inadecuado: Se modifica el tiempo de enfriamiento de la pieza en el molde para poder controlar la presencia de líneas de flujos o manchas de humedad, debido a que el caudal de agua que entra al sistema de enfriamiento es muy elevado. El sistema de enfriamiento, depende de un enfriador de agua y su capacidad de operación es mayor que la requerida por la máquina de inyección, lo que causa que el caudal de agua sea también mayor. Se emplean estos enfriador de agua, porque fueron adquiridos sin considerar las capacidades de las máquinas (Ver cuadro N°31).

Temperaturas de operación inadecuadas (bajas/altas): Cuando las temperaturas de operación de la máquina se encuentran fuera de lo requerido, se debe a que el ajuste de las misma no se hizo de forma correcta debido a que el operador no cuenta con la capacitación necesaria para ejecutar dicha actividad. A los operadores de las máquinas no se las da una adecuada capacitación; en la mayoría de los casos aprenden de forma empírica; esto se debe a que toda la maquinaria proviene de otro país, y no existe técnicos que instruyan de forma adecuada a los operarios, y enviarlos al país de origen de las máquinas es muy costoso (ver cuadro N° 32).

Dosificación inadecuada: Esta falla se presenta, debido a que la garganta del cañón de inyección se encuentra obstruida debido a que las temperaturas de operación están muy elevadas porque el sistema de enfriamiento también se encuentra obstruido por causa de la formación de rocas calcáreas. (Ver cuadro N° 33).

Velocidad de Dosificación alta: Cuando la contrapresión opera por debajo de lo normal, el personal de producción se ve obligado a aumentar la velocidad de dosificación. Esto ocurre cuando las bombas no alcanzan un caudal necesario para mantener la presión requerida porque los componentes del regulador de caudal se encuentran desgastados, debido a que no tuvieron un mantenimiento preventivo a tiempo. (Ver cuadro N° 34).

Cuadro N° 31. Técnica de los 5 porqués aplicada al tiempo de enfriamiento del proceso de inyección de envases 4 galones y sus tapas

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Caída libre, apilamiento y hermeticidad negativo, dimensiones y espesor fuera de especificación, punto de inyección fallo o largo, alabeo.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y sus tapas				Causa: Tiempo de enfriamiento de la pieza inadecuado			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót.	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué el tiempo de enfriamiento es tan elevado?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué hay que controlar la presencia de líneas de flujo o humedad aumentado el tiempo de enfriamiento?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué el caudal de agua que entra al sistema de enfriamiento es muy elevado?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué se emplea un enfriador de agua con una capacidad mayor a la que requiere la máquina de inyección?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué no se consideró la capacidad del enfriador de agua en función de la máquina de inyección, al momento de la compra?	-Evaluar la capacidad operativa de la máquina de inyección, para ajustar un sistema de enfriamiento acorde con sus capacidades.
Respuesta 1	Porque se eleva el tiempo de enfriamiento de la pieza en el molde para poder controlar la presencia de líneas de flujos o manchas de humedad en la misma	Respuesta 2	Porque el caudal de agua que entra al sistema de enfriamiento es muy elevado	Respuesta 3	Porque el sistema de enfriamiento, depende de un enfriador de agua y su capacidad de operación es mayor que la requerida por la máquina de inyección	Respuesta 4	Porque cuando se compró el enfriador de agua no se consideró la capacidad de la máquina de inyección	Respuesta 5	Porque por desconocimiento, no se realizó una evaluación previa de la máquina de inyección para realizar la compra de los enfriadores de agua.	

Cuadro N° 32. Técnica de los 5 porqués aplicada a las temperaturas de operación del proceso de inyección de envases 4 galones.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, punto de inyección fallo o largo							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones				Causa: Las temperaturas de operación demasiado bajas.			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué las temperaturas de operación se encuentran bajas?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué existen fallas operacionales en la máquina?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué el operador de la máquina no sabe cómo realizar los ajustes pertinentes?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué el personal no recibe una capacitación adecuada?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué la capacitación del personal no se realiza dentro del país?	-Plantear una alternativa, económica, que permita instruir al personal.
Respuesta 1	Debido a fallas operacionales de la máquina	Respuesta 2	Porque el operador de la máquina no sabe cómo realizar los ajustes pertinentes	Respuesta 3	Porque el personal no tiene la capacitación adecuada	Respuesta 4	La capacitación no se lleva a cabo en el país	Respuesta 5	La maquinaria proviene de otro país, y enviar al personal para dicho país, tiene costos muy elevados	

Cuadro N° 33. Técnica de los 5 porqués aplicada a la dosificación del proceso de inyección de envases 4 galones y sus tapas.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, rebaba, punto de inyección fallo o largo, hermeticidad, caída libre y apilamiento negativo, alabeo							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y sus tapas				Causa: Dosificación inadecuada			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué la dosificación es inadecuada?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué la garganta del cañón se encuentra obstruida?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué el sistema de enfriamiento se encuentra obstruido?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué se forma piedra calcárea en el sistema?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué se emplea agua dura en el sistema de enfriamiento?	-Mejorar el sistema tratamiento de agua, aumentando su capacidad de tratamiento.
Respuesta 1	Porque la garganta del cañón se encuentra obstruida	Respuesta 2	Porque las temperaturas de operación se encuentran muy elevadas, porque se encuentra obstruida el sistema de enfriamiento	Respuesta 3	Por formación de piedra calcárea en el sistema	Respuesta 4	Porque el agua empleada para enfriar el sistema, es agua dura	Respuesta 5	Porque no se tiene un sistema de tratamiento de agua capaz de cubrir la demanda operativa de la planta	

Cuadro N° 34. Técnica de los 5 porqués aplicada a la velocidad de dosificación del proceso de inyección de envases 4 galones y sus tapas

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Caída libre y apilamiento negativo, dimensiones y espesor fuera de especificación							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y sus tapas				Causa: La velocidad de dosificación es muy alta			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót.	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué la velocidad de dosificación aumenta durante el proceso?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué la contrapresión opera por debajo de lo especificado ?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué las bombas no alcanzan un caudal necesario para mantener la presión requerida?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué los componentes del regulador de caudal se encuentran desgastados?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué no se le dio un mantenimiento preventivo?	-Desarrollar en la alta Gerencia de la Empresa la cultura de los costos de evaluación de los procesos productivos como una filosofía enfocada a reducir al mediano y largo plazo los costos operativos de la organización.
Respuesta 1	Porque la contrapresión se encuentra baja.	Respuesta a 2	Porque las bombas de las máquinas no alcanzan el caudal necesario para mantener la presión requerida.	Respuesta a 3	Porque los componentes eléctricos del regulador de caudal, se encuentran desgastados.	Respuesta a 4	Porque no se les dio un mantenimiento preventivo.	Respuesta a 5	Porque no existe una filosofía en el Empresa, que justifique la inversión en programas de mantenimiento preventivo.	

Cuadro N° 35. Técnica de los 5 porqués aplicada a la velocidad de descompresión del proceso de inyección de envases 4 galones.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Punto de inyección fallo o largo							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones				Causa: La velocidad de descompresión no es la adecuada			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué la velocidad de descompresión no es la adecuada?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué se realiza una inadecuada manipulación de los parámetros operacionales de las máquinas?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué el operario desconoce cómo debe realizar los ajustes de la máquina?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué el operario no recibe una capacitación adecuada?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué la capacitación del operario es costosa?	*Evaluar alternativas para mejorar la capacitación del personal, y suministrarle toda la información pertinente para que puedan realizar los ajustes de la máquina de acuerdo a las necesidades del proceso.
Respuesta 1	Por inadecuada manipulación de los parámetros operacionales de las máquinas.	Respuesta 2	Porque el operario desconoce cómo debe hacer los ajustes	Respuesta 3	No recibe una capacitación adecuada	Respuesta 4	La capacitación para la operación de las máquinas es muy costosa	Respuesta 5	Todas las máquinas de inyección de la Empresa provienen de otro país (Italia).	

La conmutación no acorde con el proceso: esta falla ocurre porque el ajuste del parámetro de conmutación se hace destempladamente debido a que el operario de la máquina desconoce cómo realizar un ajuste adecuado, ello por no haber recibido el entrenamiento en el tiempo necesario que le garantice el aprendizaje al operador que estará involucrado con la máquina de inyección. Esto ocurre porque siempre se tiene la urgencia de sacar la producción y que se cumplan con todos los turnos de trabajo, subestimando esta capacitación que al final termina traduciéndose en pérdidas mayores al producirse esta falla.(Ver Cuadro N°36).

La descompresión antes y después es muy baja: Esta falla está asociada a la manipulación inadecuada de los parámetros operacionales debido a que el operario desconoce cómo hacer los ajustes, ya que éste no recibe la capacitación necesaria por ser muy costosa por provenir la maquinaria de otro país.(Ver cuadro N°37).

Cuadro N° 36. Técnica de los 5 porqués aplicada a la conmutación del proceso de inyección de envases 4 galones

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Punto de inyección fallo o largo							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones				Causa: La conmutación no está acorde con el proceso			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué la conmutación no está acorde con el proceso?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué se realiza destempladamente el ajuste del parámetro de conmutación?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué el operario de la máquina desconoce cómo realizar un ajuste adecuado del parámetro de operación?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué no se realiza un entrenamiento o durante el tiempo necesario para que se garantice el aprendizaje del operador?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué se tiene la urgencia de sacar la producción y que se cumplan con todos los turnos de trabajo?	*Aumentar el tiempo de entrenamiento del operador, garantizando que logro comprender del objetivo del mismo. *Planificar las ventas de los productos en función de la capacidad de la planta.
Respuesta 1	Porque el ajuste del parámetros se realiza demasiado rápido y no se compacta bien la pieza	Respuesta 2	Por desconocimiento del operario de la máquina, que no sabe cómo hacer un cambio adecuado	Respuesta 3	Porque no se realiza un entrenamiento, durante tiempo que garantice que el operario aprendió a ajustar el parámetro	Respuesta 4	Porque es más urgente sacar la producción y que el operario cumpla con todos los turnos de la planta	Respuesta 5	Porque se requiere cumplir con las órdenes de producción en los tiempos que se le han ofrecido al cliente.	

Cuadro N° 37. Técnica de los 5 porqués aplicada a la descompresión antes y después del proceso de inyección de envases 4 galones

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Punto de inyección fallo o largo							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones				Causa: La conmutación no está acorde con el proceso			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué la conmutación no está acorde con el proceso?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué se realiza destempladamente el ajuste del parámetro de conmutación?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué el operario de la máquina desconoce cómo realizar un ajuste adecuado del parámetro de operación?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué no se realiza un entrenamiento o durante el tiempo necesario para que se garantice el aprendizaje del operador?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué se tiene la urgencia de sacar la producción y que se cumplan con todos los turnos de trabajo?	*Aumentar el tiempo de entrenamiento del operador, garantizando que logro comprender del objetivo del mismo. *Planificar las ventas de los productos en función de la capacidad de la planta.
Respuesta 1	Porque el ajuste del parámetros se realiza demasiado rápido y no se compacta bien la pieza	Respuesta 2	Por desconocimiento del operario de la máquina, que no sabe cómo hacer un cambio adecuado	Respuesta 3	Porque no se realiza un entrenamiento, durante un tiempo que garantice que el operario aprendió a ajustar el parámetro	Respuesta 4	Porque es más urgente sacar la producción y que el operario cumpla con todos los turnos de la planta	Respuesta 5	Porque se requiere cumplir con las órdenes de producción en los tiempos que se le han ofrecido al cliente.	

Tiempo de mantenimiento es inadecuado: Si la temperatura de la pared del molde es alta, la pieza enfriará más lentamente y será necesario un tiempo de mantenimiento superior, caso contrario si la temperatura de pared del molde es baja. Esto ocurre porque el sistema de tratamiento de agua se encuentra obstruido, debido a la formación de piedra calcárea en las tuberías de enfriamiento, al ser el agua con que trabaja, agua dura ya que el sistema de tratamiento de agua no tiene suficiente capacidad para cubrir la demanda del proceso. (Ver cuadro N°38).

Mediciones: Para el óptimo desempeño de los instrumentos de medición en planta, tanto los que están acoplados a la maquinaria como los que pertenecen a los departamentos de apoyo, como mantenimiento y control de calidad, se requiere una revisión de éstos para mantener la confiabilidad de sus mediciones.

No se calibran los equipos: esto ocurre principalmente porque no existe un plan para control de equipos de monitoreo y medición, porque la empresa no cuenta con un sistema de gestión de calidad que maneje la calibración periódica y sistemática de los equipos (Ver cuadro N° 39).

Falta de resolución del equipo de monitoreo: Para el momento en que se adquirieron los instrumentos y equipos, no se diseñó un sistema de gestión de calidad donde se considerara la necesidad de tener equipos e instrumentos calibrados, que aseguraran que los procesos de medición eran los adecuados, y permitiera minimizar la posibilidad de obtener resultados de medición no confiables (Ver cuadro N°40).

Cuadro N° 38. Técnica de los 5 porqués aplicada al tiempo de mantenimiento de las tapas para envases 4 galones

Cuadro 5 porqués		PROBLEMA: Dimensiones y espesor fuera de especificación, alabeo, apilamiento y hermeticidad negativo.								
Nombre del equipo:		Localización del problema: Tapas para envase 4 galones				Causa: Tiempo de mantenimiento elevado				
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué las el tiempo de mantenimiento es tan elevado?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué la temperatura de la pared del molde es alta?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué se encuentra obstruido el sistema de enfriamiento?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué se forma piedra calcárea en las líneas de enfriamiento?	Pregunta a respuesta 4	¿Por qué se utiliza agua dura en el sistema de enfriamiento?	*Evaluar la posibilidad de ampliar y mejorar el sistema de tratamiento de agua dura.
Respuesta 1	Porque al ser la temperatura de la pared del molde alta, la pieza enfriará más lentamente y también será necesario un tiempo de mantenimiento mayor.	Respuesta 2	Porque el sistema de enfriamiento se encuentra obstruido.	Respuesta 3	Porque se forma piedra calcárea en las vías de enfriamiento.	Respuesta 4	Porque el agua empleada para realizar el enfriamiento se clasifica como agua dura.	Respuesta 5	Porque el sistema de tratamiento de agua no tiene suficiente capacidad para cubrir la demanda de la empresa.	

Cuadro N° 39. Técnica de los 5 porqués aplicada a la falta de calibración de los equipos e instrumentos que intervienen en el proceso de inyección de los envases de 4 galones y sus tapas.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, rebaba, dimensiones y espesor fuera de especificación, hermeticidad, apilamiento e impacto negativo, punto de inyección fallo, deforme o largo, color fuera de patrón, alabeo, fondo ondulado.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y tapas				Causa: No se calibran los equipos e instrumentos de medición.			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué no se calibran los equipos?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué no existe un plan para el control de equipos de monitoreo y medición?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué se desconoce la importancia de un sistema metrológico para adaptar el proceso a la calidad requerida en función de las necesidades del cliente?	Pregunta a respuesta 3	N/A	Pregunta a respuesta 4	N/A	*Desarrollar un sistema de gestión de calidad que considere la planificación de la calibración periódica de los equipos de monitoreo y medición que contribuya a garantizar la permanencia de la empresa en el mercado
Respuesta 1	Porque no existe un plan para control de equipo de monitoreo y medición	Respuesta 2	Porque la alta gerencia desconoce la importancia de un sistema metrológico para adaptar el proceso a la calidad requerida en función de las necesidades del cliente	Respuesta 3	Porque no se cuenta con sistema de gestión de la calidad que considere la planificación de la calibración periódica de los equipos de monitoreo y medición que contribuya a garantizar la permanencia de la empresa en el mercado	Respuesta 4	N/A	Respuesta 5	N/A	

Cuadro N° 40. Técnica de los 5 porqués aplicados a la falta de resolución de los equipos y maquinaria que intervienen en el proceso de inyección de los envases de 4 galones y sus tapas.

Cuadro 5 porqués			PROBLEMA: Pieza incompleta, rebaba, dimensiones y espesor fuera de especificación, hermeticidad, apilamiento e impacto negativo, punto de inyección fallo, deforme o largo, color fuera de patrón, alabeo, fondo ondulado.							
Nombre del equipo:			Localización del problema: Envase 4 galones y tapas				Causa: Falta de resolución de los instrumentos y equipos			
1 ^{era} Ronda	Hipót.	2 ^{da} Ronda	Hipót,	3 ^{era} Ronda	Hipót.	4 ^{ta} Ronda	Hipót.	5 ^{ta} Ronda	Hipót.	Mejoras o ideas
Pregunta 1	¿Por qué carecen de resolución los instrumentos y equipos?	Pregunta a respuesta 1	¿Por qué no se consideró la resolución de los instrumentos y equipos al momento de adquirirla?	Pregunta a respuesta 2	¿Por qué no consideró la necesidad de registrar y controlar los datos del sistema operativo?	Pregunta a respuesta 3	¿Por qué no contaban un sistema de gestión de calidad?	Pregunta a respuesta 4	N/A	*Evaluar la posibilidad de mejorar la resolución de los instrumentos y equipos, realizando estudios de su operatividad o consultando al proveedor. *Desarrollar un sistema de gestión de calidad que contribuya a garantizar la permanencia de la empresa en el mercado.
Respuesta 1	Porque al adquirir los instrumentos y equipos, no se consideró la resolución de las mismas	Respuesta 2	Por el desconocimiento de la necesidad de registrar y controlar los datos del sistema operativo	Respuesta 3	Porque la empresa no contaba con un sistema de gestión de la calidad que le permitiera comprender la importancia de llevar estos registros	Respuesta 4	Porque no era necesario dado que la demanda era grande el mercado no era tan exigente	Respuesta 5	N/A	

Establecer un plan de acciones correctivas orientadas a minimizar o eliminar las causas de variación asociadas a las características críticas de calidad en el proceso de fabricación de los envases de 4 galones y sus correspondientes tapas.

Por medio de la herramienta de los 5 porqués, se enlistaron las causas de cada defecto y mediante las sucesivas respuestas a estos porqués fueron finalmente obtenidas las causas raíces de cada debilidad y de allí las posibles acciones a seguir a fin de disminuir o erradicar la ocurrencia de las mismas.

Se generaron quince (15) matrices y en cada matriz se define, el objetivo del plan, las actividades, tareas, indicadores, medio de verificación de los indicadores, fecha en la que inician las tareas, responsables de ejecutar las actividades, acciones de seguimiento de las tareas a ejecutar, fecha de culminación y responsables de la supervisión de que las tareas y actividades que se deben llevar a cabo para lograr el cumplimiento del objetivo planteado.

Para determinar los tiempos de ejecución de las tareas y actividades, se compararon los registros de trazabilidad, los registros de defectos de calidad de producto terminado y los registros de control de parámetros operacionales con los registros de muchas otras gestiones que realizan los departamentos que conforman la empresa, así como los tiempos de respuestas de los proveedores.

El rango de tiempo para ejecutar todas las mejoras es de un año, debido a que la mayoría de las debilidades tienen que ver con la cultura corporativa y los esquemas y normas para ejecutar una tarea.

En cuanto a los costos, también fueron estimados como un aproximado considerando que a lo largo de un año, pueden presentarse variaciones importantes en los costos de algunos servicios.

Las actividades recomendadas para cada una de las debilidades detectadas en la investigación y que conforman el plan de acción orientado a erradicarlas o en su defecto minimizarlas, aparecen desglosadas en los cuadros correspondientes a los numerales que van desde el 41 hasta el 56.

Cuadro N° 41 Plan de mejora N° 1 de las principales causas que ocasionan las fallas por materiales en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas.

Componente: MATERIALES									
Objetivo: Establecer una metodología para organizar y clasificar todos los aditivos en función de las necesidades del proceso									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
Clasificación inadecuada de los aditivos	Organizar y clasificar todos los aditivos, de forma tal que sean fáciles de identificar y de ubicar	1-Identificar el lote del material con etiquetas fluorescentes.	Control de inventarios mensuales.	Documento inventario.	Diciembre del 2017	Coordinador de Almacén	Verificaciones ejecutadas por el Auditor interno y Gerente de operaciones	Enero del 2018	Auditor Interno, Gerente de Operaciones y Administrador General
		2- Llevar un control por lote de los kilos existente y los kilos utilizados, para asegurar el uso total del lote antes de iniciar un lote nuevo.							
		3-Identificar por lote el uso final del material, de acuerdo a sus propiedades, es decir, si es destinado a envases, tapas u otros.	Registro de trazabilidad del proceso.	Documento de trazabilidad de la producción.	Diciembre del 2017	Coordinador de producción	Verificaciones ejecutadas por el Auditor interno y Gerente de operaciones	Enero del 2018	
		4-Evaluar la posibilidad de expandir los galpones de almacenamiento.	Proyecto de diseño de expansión de las galpones de almacenamiento	Planos del diseño de expansión de los galpones	Marzo del 2017	Gerencia General	Reunión con el Administrador General	Noviembre del 2017	

Cuadro N° 42 Plan de mejora N° 2 de las principales causas que ocasionan las fallas por materiales en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas.

Componente: MATERIALES									
Objetivo: Preservar de forma adecuada la materia prima para evitar la exposición inadecuada a la intemperie									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
Material húmedo	Reubicar y proteger la materia prima con el fin de protegerla de la humedad	1-Tapar el material almacenado a la intemperie con lonas o plástico termo flexible.	N° de contenedores cubiertos con lona.	Informe de control de proceso (hoja de chequeo de recepción y almacenamiento de la materia prima)	Marzo del 2017	Coordinadores de Compras y de Almacén	Verificación por parte del Auditor interno.	Julio del 2017	Auditor Interno, Gerente de Operaciones y Administrador General
		2-Evaluar la posibilidad de expandir los galpones de almacenamiento	Proyecto de diseño de expansión de las galpones de almacenamiento	Planos del diseño de expansión de los galpones	Marzo del 2017	Gerencia General	Reunión con el Administrador General	Noviembre del 2017	

Cuadro N° 43 Plan de mejora N° 3 de las principales causas que ocasionan las fallas por material en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas.

Componente: MATERIALES									
Objetivo: Administrar el uso de los materiales de forma organizada, garantizando la calidad del producto									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
Disminución de suministro de material	Distribuir la materia prima de forma adecuada en el proceso	Elaborar una planificación de diseño de experimento en el laboratorio	Plan de diseño de experimentos	Informe o reporte de análisis de laboratorio	Mayo del 2017	Coordinador de Control de Calidad	Reunión con el Auditor Interno	Julio del 2017	Auditor Interno y Gerente de Operaciones
		Realizar pruebas pilotos en planta	Trazabilidad del proceso	Documento registro de trazabilidad	Julio del 2017	Coordinador de Producción	Reunión con el Auditor Interno	Septiembre del 2017	

Cuadro N° 44 Plan de mejora N° 4 de las principales causas que ocasionan las fallas por materiales en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas.

Componente: MATERIALES									
Objetivo: Garantizar el suministro de aditivos a todas las máquinas del procesos de forma adecuada									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
Suministro inadecuado de aditivos.	Dosificar de forma uniforme los aditivos empleados en el proceso	1-Revisar y si es necesario reemplazar el dosificador de las máquinas de inyección que lo requieran.	N° de revisiones y reemplazos por mes	Informe de control Proceso de mantenimiento o chequeo diario del funcionamiento de máquinas	Marzo del 2017	Supervisor de Producción	Reunión con el Coordinador de Producción	Junio del 2017	Auditor Interno, Gerente de Operaciones y Administrador General
		2-Programar mantenimientos periódicos de este tipo de pieza de las máquinas.	Cronograma de mantenimiento mensual	Registro mensual de mantenimiento	Marzo del 2017	Coordinador de mantenimiento	Verificación del Auditor Interno	Junio del 2017	
		3-Realizar instructivos de operación para evitar desviaciones en la mezcla de dosificación manual realizada por el operador encargado.	Instructivo de trabajo	Documento instructivo con descripción de la tarea	Marzo del 2017	Coordinador de Producción	Verificación del Auditor Interno	Junio del 2017	

Cuadro N° 45 Plan de mejora N° 1 de las principales causas que ocasionan las fallas por métodos en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas.

Componente: MÉTODO									
Objetivo: Establecer lineamiento para la ejecución controlada de las actividades del proceso.									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
Políticas corporativas inadecuadas	Evaluar las actividades del proceso que requieren ser estandarizadas	1-Determinar qué actividades del proceso pueden estandarizarse	N° de Instructivos y manuales de procedimiento	Informes de proceso y control de registro de procedimientos	Marzo del 2017	Coordinadores de los distintos departamentos que conforma la Empresa, y el Auditor interno	Reunión con el Auditor interno	Agosto del 2017	Auditor Interno, Gerente de Operaciones y Administrador General
		2-Esblecer las metodologías para estandarizar las actividades del proceso							
		3-Capacitar al personal en nuevas metodologías de trabajo.	N° de talleres y charlas de formación dictadas	Informe de control de actividad	Mayo del 2017				
		4-Hacer seguimiento de la aplicación de las metodologías establecidas para estandarizar el proceso.	N° de Evaluaciones continuas realizadas al personal involucrado.	Informe de evaluación del personal	Julio del 2017				

Cuadro N° 46 Plan de mejora N° 2 de las principales causas que ocasionan las fallas por métodos en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas.

Componente: MÉTODO									
Objetivo: Implementar un sistema de gestión empresarial									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
No existen instructivos de trabajo	Revisar la ejecución de los trabajos que realiza cada departamento que conforma la empresa.	1-Estudiar todas las actividades que lleva a cabo el personal, por departamento.	N° de Manuales e instructivos de procedimiento	Informes de proceso y control de registro de procedimientos	Marzo del 2017	Coordinadores de los distintos departamentos que conforma la Empresa, y el Auditor interno]	Reunión con el Auditor interno	Agosto del 2017	Auditor Interno, Gerente de Operaciones y Administrador General
		2-Describir todas las actividades y procedimientos			Mayo del 2017				
		3-Elaborar flujogramas de trabajo.	N° de flujogramas elaborados y N° de actividades descritas.		Julio del 2017				

Cuadro N° 47 Plan de mejora N° 3 de las principales causas que ocasionan las fallas por método en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas.

Componente: MÉTODO									
Objetivo: Crear un ambiente organizacional que brinde bienestar a los empleados									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
Cultura organizacional	Fomentar valores y creencias fundamentados en el reconocimiento y el respeto de los individuos como el activo más valioso de cualquier empresa y que promuevan el desarrollo del sentido de pertenencia de los trabajadores hacia la organización.	Orientar al personal, para que todos los recursos y el personal de la compañía dirijan sus actividades cotidianas a la satisfacción de las necesidades del cliente.	Nº de charlas motivacionales	Informe de control de proceso de actividades gerenciales	Marzo del 2017	Gerente de operaciones , Administrador General	Auditoría Interna	Diciembre del 2017	Administrador General, Gerente de operaciones y Auditoría interna
		Fomentar el surgimiento de líderes e innovadores para la organización.		Encuestas de satisfacción orientadas al personal					
	Considerar a la gente como el activo más importante de la empresa, y consideran como inversión el dinero destinado hacia ellos, como fuente fundamental de mejoramiento.	Nº promociones e incrementos salariales realizados al personal según su rendimiento y capacitación	Informe de gestión de recursos humanos	Febrero del 2017	Coordinación de recursos Humanos				
	Establecer normativas que promuevan la convivencia armónica dentro de la empresa	Nº de Manuales e instructivos de procedimientos	Instructivos e informes de control de procesos	Marzo del 2017		Marzo del 2017			
							Abril del 2017		

Cuadro N° 48. Plan de mejora de las principales causas que ocasionan las fallas por mano de obra en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas.

Componente: MANO DE OBRA									
Objetivo: Mejorar las actividades diarias del procesos, suministrando una capacitación adecuada al personal									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
Deficiencia en la capacitación del personal que opera en planta	Establecer tiempos de capacitación de todo el personal, sin importar la complejidad de las tareas a desarrollar	1-Analizar por área de trabajo, el perfil de cada trabajador que opera en la organización	Nº de fichas, control y registros de cada trabajador	Control y registros de cada trabajador,	Mayo 2017	Analistas de personal, y Coordinador de RRHH de la organización	Verificaciones realizadas por el coordinador de RRHH y auditor interno	Marzo del 2017	Auditor Interno, Coordinador de RRHH y Administrador General
		2- Establecer Fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de cada área		Plan de análisis de fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas de cada área de la organización					
		3-Agrupar características comunes con otras áreas		Control y registros de cada trabajador,					
		4- Realizar una evaluación diagnóstica al personal para orientar los programas de formación y capacitación.	Registro y control de las capacitaciones realizadas	Lista de asistencia de la capacitación	Junio del 2017	Analistas de personal, y Coord. de RRHH			
		5-Planificar y ejecutar actividades y jornadas de capacitación del personal que lo requiera	Registro de la evaluación diagnóstica	Certificado de capacitación				Diciembre del 2017	
		6-Realizar una evaluación diagnóstica de la capacitación realizada.							

Cuadro N°49 Plan de mejora N° 1 de las principales causas que ocasionan las fallas por maquinaria en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas.

Componente: MAQUINARIA									
Objetivo: Mejorar los procedimientos aplicados para ejecutar mantenimiento a las máquinas de inyección									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
Falta de mantenimiento	Ejecutar una revisión de los recursos con los que se cuentan para llevar a cabo el mantenimiento general de las máquinas de inyección	Revisión individual de equipos y herramientas	N° de equipos y herramientas revisadas	Informe de control Proceso de mantenimiento	Julio del 2017	Analista del Almacén de Repuestos	Revisión de fichas ejecutadas por el Coordinador del Mantenimiento	Septiembre del 2017	Auditor Interno y Gerente de Operaciones
		Registro e identificación adecuada de los equipos herramientas.	N° de equipos y herramientas registradas	Inventario general de herramientas y equipos	Diciembre del 2017	Coordinador de Mantenimiento y Analista del Almacén de Repuestos	Revisión de inventario mensual, ejecutadas por el auditor	Enero del 2018	
		Listado de equipos y herramientas que se requieren	N° de requisiciones de equipos y herramientas	Informe de control de procesos mensual de carencias del área de mantenimiento	Mayo del 2017	Coordinador de Mantenimiento	Reunión con el Gerente de Operaciones	Junio del 2017	

Cuadro N° 50 Plan de mejora N°2 de las principales causas que ocasionan las fallas por maquinaria en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas.

Componente: MAQUINARIA									
Objetivo: Resaltar la necesidad de llevar a cabo planes de mantenimiento correctivo y preventivo en la Empresa									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
No se aplica mantenimiento preventivo	Implementar un programa de mantenimiento preventivo orientado a extender el tiempo de vida útil de los equipos y maquinarias dentro de la Empresa.	Dictar charlas donde se presenten con fundamento en cifras, experiencias previas de otras empresas en las que esta experiencia ha sido exitosa.	N° de Manuales de procedimiento e instructivo de trabajo	Informes de proceso y control de registro de procedimientos	Marzo del 2017	Coordinador y mecánicos de mantenimiento	Reunión con Auditora Interna y Coordinador de Producción	Abril del 2017	Gerencia de operaciones
			Material de apoyo						
	Desarrollar en la alta Gerencia de la empresa la cultura de los costos de evaluación de los procesos productivos como una filosofía enfocada a reducir al mediano y largo plazo los costos operativos de la organización.	Estimar los tiempos de ejecución de los planes de mantenimiento preventivo	N° de Cronogramas de trabajo	Informe de control de actividades a ejecutar					
	Evaluar la necesidad de ingreso de personal en el área de mantenimiento.	Determinar el número de personas que se requiere para ejecutar el plan de mantenimiento en un tiempo determinado	N° de descripciones detalladas de las actividades a ejecutar en los planes de mantenimiento con la estimación del N° de personas requeridas para ello.	Instructivos y manuales de procedimientos e informes de control de procesos	Abril del 2017	Reunión con la Gerencia de operaciones	Julio del 2017		
Capacitar al personal de mantenimiento	Evaluar los requerimientos del personal para proceder a instruirlos en actividades específicas de mantenimiento	N° de personas que requieren entrenamiento en actividades específicas de mantenimiento							

Cuadro N° 51. Plan de mejora N° 3 de las principales causas que ocasionan las fallas por maquinarias en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas

Componente: MAQUINARIA									
Objetivo: Mejorar la operatividad de los equipos auxiliares empleados en el proceso de inyección									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
No se logra ajustar la cota adecuada del material en la cavidad del molde, por encontrarse el regulador de control de caudal averiado	Sustituir el componente regulador de control de caudal de las bombas que alimentan el material, para así poder estabilizar la máquina	1-Determinar las características detalladas de la pieza averiada, con ayuda del manual del proveedor.	Control de inventario de maquinarias, piezas y herramientas	Registro de Inventario	Diciembre del 2017	Coordinador del área de Mantenimiento	Auditoría Interna	Enero del 2018	Administrador General, Gerente de operaciones y Auditoría interna
		3-Generar una Requisición para hacer la solitud de la pieza.	Registro de requisiciones	Nº de requisición emitida					
		4-Una vez recibida la pieza contactar al personal encargado e instalar en máquina.	Nº de Control de facturas.	Informe de control de facturas procesadas.	Enero del 2018	Coordinador de Compras y Coordinador de mantenimiento		Febrero del 2018	
			-Nº de revisiones y reemplazos por mes	-Informe de control Proceso de mantenimiento o chequeo diario del funcionamiento de máquinas					

Cuadro N° 52 Plan de mejora N° 4 de las principales causas que ocasionan las fallas en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas.

Componente: MAQUINARIA									
Objetivo: Establecer métodos de control y ajuste de las características calidad de la máquinas de inyección									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
Se desconoce el rango operacional exacto de cada producto, según su color, y esto genera cambios drásticos en máquina al momento de un cambio	Estandarizar las características de calidad del proceso de inyección por cada producto desarrollado en planta	1-Evaluar por cada producto, los registros operacionales de una producción satisfactoria y levantar un histórico.	Control de registros operacionales	Instructivo de ajuste y control de las variables operacionales del proceso de producción	Abril del 2017	Coordinador de control de calidad, coordinador de producción	Auditoría Interna	Junio del 2017	Administrador General, Gerente de operaciones y Auditoría interna
		2- Realizar los cálculos estadísticos pertinentes para obtener los límites de tolerancia de las especificaciones de control por cada producto							
		3-Plasmar los resultados obtenidos de todos las características de calidad por producto en un instructivo de operación y en las fichas técnicas internas de los productos	N° de fichas técnicas internas de los productos						

Cuadro N° 53. Plan de mejora N° 5 de las principales causas que ocasionan las fallas por maquinarias en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas

Componente: MAQUINARIA									
Objetivo: Mejorar la operatividad de los equipos auxiliares empleados en el proceso de inyección									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
No se logra ajustar la cota adecuada del material en la cavidad del molde, por encontrarse el regulador de control de caudal averiado	Sustituir el componente regulador de control de caudal de las bombas que alimentan el material, para así poder estabilizar la máquina	1-Determinar las características detalladas de la pieza averiada, con ayuda del manual del proveedor.	Control de inventario de maquinarias, piezas y herramientas	Registro de Inventario	Diciembre del 2017	Coordinador del área de Mantenimiento	Auditoría Interna	Enero del 2018	Administrador General, Gerente de operaciones y Auditoría interna
		3-Generar una Requisición para hacer la solitud de la pieza.	Registro de requisiciones	Nº de requisición emitida					
		4-Una vez recibida la pieza contactar al personal encargado e instalar en máquina.	-Nº de Control de facturas.	- Informe de control de proceso de facturas procesadas.	Enero del 2018	Coordinador de Compras y Coordinador de mantenimiento		Febrero del 2018	
			-Nº de revisiones y reemplazos por mes	-Informe de control Proceso de mantenimiento o chequeo diario del funcionamiento de máquinas					

Cuadro N° 54. Plan de mejora N° 6 de las principales causas que ocasionan las fallas por maquinaria en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas

Componente: MAQUINARIA									
Objetivo: Mejorar el sistema de enfriamiento de las máquinas de inyección									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
El sistema de tratamiento de agua se encuentra obstruido, debido a la formación de costras calcáreas en las vías de enfriamiento, el agua que ingresa a la máquina es agua dura ya que la capacidad del sistema actual no es suficiente para cubrir la demanda del proceso	Evaluar la capacidad de agua tratada que requiere la planta y diseñar un nuevo sistema de tratamiento que cumpla con la demanda requerida.	1-Evaluar la capacidad de agua tratada que requiere la planta	Control de registro de agua tratada en planta	Registro de control y análisis del agua	Abril del 2017	Coordinador de control de calidad, coordinador de producción y coordinador de mantenimiento	Control de auditorías internas	Mayo del 2017	Administrador General, Gerente de operaciones y Auditoría interna
		2-Analizar las condiciones del agua de servicio o pozo disponible para la operación en máquina.							
	3- Diseñar un sistema de tratamiento que cumpla con la demanda requerida en el proceso	Proyecto de diseño de un nuevo sistema de tratamiento de agua	Planos del diseño del sistema de tratamiento de agua	Mayo del 2017	Coordinador de mantenimiento, Gerente de operaciones y Administrador General	Julio del 2018			
	4-Solicitar las maquinarias y equipos necesarios e instalar el nuevo sistema	Control de las requisiciones de materiales y equipos para instalar el sistema	Numero de requisición e instalación en planta del sistema de tratamiento	Junio del 2017					

Cuadro N° 55. Plan de mejora N° 1 de las principales causas que ocasionan las fallas por mediciones en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas

Componente: MEDICIONES									
Objetivo: Desarrollar un sistema de gestión de calidad, donde se plantee la planificación de la calibración anual de los equipos de monitoreo y medición									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
La empresa no cuenta con un sistema de gestión donde se haga seguimiento y control de la calibración de los equipos e instrumentos de medición empleados en el proceso y análisis de los materiales y productos	Planificación anual para la calibración de los equipos de monitoreo y medición	1-Inventariar todos los equipos e instrumentos de monitoreo y medición de la organización, estableciendo la condición en la que se encuentra.	Nº de instrumentos de análisis y medición de la organización inventariados	Inventario de instrumentos de análisis y medición de la organización	Abril del 2017	Coordinador de Control de Calidad, Producción y Mantenimiento	Auditorías internas	Mayo del 2017	Administrador General, Gerente de operaciones y Auditoría interna
		2-Planificar la visita de un ente calibrador certificado en metrología por SENCAMER para realizar la calibración de los mismos.	Programa de calibración de los equipos e instrumentos de análisis y medición	Control de registros de calibraciones realizadas	Julio del 2017	Gerente de Operaciones y Coordinador de Mantenimiento		Agosto del 2017	
		3-Llevar un control por equipo de los registros de análisis de las calibraciones y certificados de calibración.			Registros de calibraciones, certificados de calibración y etiqueta en el instrumento calibrado	Junio del 2017		Coordinador de Mantenimiento	

Cuadro N° 56. Plan de mejora N° 2 de las principales causas que ocasionan las fallas por mediciones en el proceso de producción de los envases de 4 galones y sus tapas

Componente: Mediciones									
Objetivo: Evaluar la posibilidad de mejorar la resolución de las máquinas, realizando estudios de su operatividad o consultando al proveedor									
Debilidad o necesidad	Acciones		Indicador	Medio de verificación del indicador	Fecha de inicio	Responsable	Acciones de seguimiento	Fecha de culminación	Responsable
	Actividades	Tareas							
Cuando se adquirió la maquinaria no se consideró la resolución de los equipos de monitoreo y medición, por desconocimiento de las necesidades de registrar y controlar los datos del sistema operativo.	Mejora de la resolución de las máquinas y equipos de medición y control de procesos	1-Inventariar todos los equipos e instrumentos de monitoreo y medición de la organización, estableciendo la condición en la que se encuentra.	N° de integumentos de análisis y medición de la organización inventariados	Inventario de instrumentos de análisis y medición de la organización	Enero del 2017	Coordinador de Control de Calidad, Producción y Mantenimiento	Auditorías internas	Febrero del 2017	Administrador General, Gerente de operaciones y Auditoría interna
		2-Detectar aquellos con deficiencia en el monitoreo o medición.	N° de instrumentos de análisis y medición con deficiencias inventariados						
		3-Programar una revisión de los equipos e instrumentos con un ente certificado	Programa de revisión y sustitución de los equipos e instrumentos de medición	Control de registro de revisión	Febrero del 2017	Coordinador de Mantenimiento		Marzo del 2017	
		4-Sustituir los equipos e instrumentos, de ser necesarios, por otros de mejor calidad y resolución.		Numero de requisición, orden de compra y factura del nuevo equipo e instrumento	Agosto del 2017	Administrador General, Gerente de operaciones		Diciembre del 2018	

CONCLUSIONES

Las principales características críticas de calidad del proceso de fabricación de los envases 4 galones y sus tapas definidas por el MDMB, fueron: Tiempo de enfriamiento, tiempo de mantenimiento, presión de mantenimiento, dosificación y porcentajes de materiales y aditivos en los envases, y contrapresión en las tapas.

En el estudio de la variabilidad de las características críticas del proceso de inyección, asociadas a las principales especificaciones de calidad de los envases de 4 galones y sus tapas, se determinó que:

- El tiempo de enfriamiento, presión y tiempo de mantenimiento influye en las dimensiones y estética del envase, rebaba, ondulamiento en el fondo del envase, fallas de apilamiento y/o caída libre.
- El comportamiento en el tiempo de la dosificación del material en los envases interviene en la presencia de defectos estéticos, además de rebabas y deformaciones en la pieza final.
- Las fluctuaciones de la presión de mantenimiento en el proceso de inyección de las tapas, determina la presencia de ondulaciones en la pieza, alabeo y rebabas, problemas de cierre y hermeticidad
- Los cambios de comportamiento del tiempo de enfriamiento y la dosificación de las tapas, se asocia a la ocurrencia de rebabas y -- deformaciones de la pieza, color fuera de patrón y problemas dimensionales.

Las causas asociadas a la ocurrencia de los defectos en los envases y sus tapas, resultaron muy similares, a excepción de pieza incompleta y rebaba, punto de inyección fallo, largo o deforma y caída libre e impacto negativo.

Entre las causas raíces, reflejadas en el método de los 5 porque's, resaltan el ajuste inadecuado por parte del personal de las variables del proceso, la

elaboración de manuales e instructivos de operación ante la presencia de inconformidades en el producto, deficiencia o falta de mantenimiento preventivo en las maquinarias y moldes, reemplazo del dosificador y regulador de material, la falta de personal con experiencia e incentivar y cultura de motivación y valores y sentido de trabajo en la organización.

El plan de mejora establecido incluyó acciones concretas, dentro de las que despuntan: establecer una metodología para organizar, clasificar y preservar en condiciones adecuadas la materia prima y los aditivos en función de las necesidades del proceso, garantizar el suministro de aditivos a todas las máquinas del procesos de forma adecuada, implementar un sistema de gestión empresarial, mejorar las actividades diarias del procesos, suministrando una capacitación adecuada al personal, implementar el planes de mantenimiento preventivo y correctivo, desarrollar un sistema de gestión de calidad, resaltando la necesidad de realizar la calibración anual de los equipos de monitoreo y medición, y evaluar la posibilidad de mejorar la resolución de las máquinas, realizando estudios de su operatividad o consultando al proveedor.

RECOMENDACIONES

- Realizar pruebas y desarrollos de experimentos planificados antes de la modificación de nuevos estándares en los parámetros operacionales.
- Evaluar las actividades del proceso que no son automatizadas y establecer lineamientos para la ejecución controlada y minuciosa de las actividades del proceso
- Elaborar un sistema de gestión que involucre aspectos de calidad y ambiente, que permitan desarrollar metodologías de trabajo que sean reflejadas en instructivos y manuales de procedimientos.
- Describir los valores y normas éticas que consideran los fundadores, y a su vez interrelacionarla con las del personal para unificar directrices laborales.
- Realizar una evaluación de cada puesto de trabajo y considerar que tipo de capacitación o conocimientos requiere el personal que emplea, paralelamente realizar un tabulador de sueldos y salarios y entrenar al personal de recursos humanos en el área de selección de nuevos empleados, enfocándose en el desarrollo productivo de la Empresa.
- Elaborar un inventario de los repuestos y herramientas vitales e imprescindibles por cada maquinaria y molde, para tramitar con anticipación la adquisición de las mismas y contar con un stock acorde a su demanda
- Incrementar el número de personas que conforman el departamento de mantenimiento de la organización, a su vez elaborar planes de mantenimiento preventivo y correctivo, orientado a extender el tiempo de vida útil de los equipos y maquinarias dentro de la Empresa.
- Desarrollar en la alta Gerencia de la empresa la cultura de los costos de evaluación de los procesos productivos como una filosofía enfocada a reducir al mediano y largo plazo los costos operativos de la organización.

- Evaluar alternativas para mejorar la capacitación del personal, y suministrarle toda la información pertinente para que puedan realizar los ajustes de la máquina de acuerdo a las necesidades del proceso.
- Desarrollar un sistema de gestión de calidad que considere la planificación de la calibración periódica de los equipos de monitoreo y medición que contribuya a garantizar la permanencia de la empresa en el mercado.
- Evaluar la posibilidad de mejorar la resolución de los instrumentos y equipos, realizando estudios de su operatividad o consultando al proveedor.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alayón, D; Randelli, M. 2011. Estudio de oportunidades de mejoras de la planta de tratamiento Sistema Aislado Camatagua. Trabajo Especial Grado de la Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.

Asociación Española Para La Calidad. 5 Por qué [en línea]
<http://www.aec.es/web/guest/centro-conocimiento/5-porque>. [Consultado: 14/03/ 2016]

Beltrán, M.; Marcilla, A. eds 2012. Tecnología de Polímeros. Valencia. España. Publicaciones Universidad de Alicante. 276p.

Bernal, L. 2006. Aplicación de WINQSB como herramienta para el Control Estadístico de la calidad de un proceso de producción de envases plásticos. Tesis de Grado para obtener el título de Ingeniero Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 92p.

Blanco, D. 2016. Control de causas asociadas a la diferencia de peso del grano de cacao (*Theobroma cacao* L.) durante su almacenamiento en un centro de acopio del estado Sucre. Tesis para obtener el grado de Ingeniero Agrónomo, mención Agroindustrial. Venezuela.

Carrasquero, N., Najúl, M., Sánchez, R. 2004. Enfoque multicriterio para la evaluación de la Calidad del agua. Revista de la Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela, Vol. 19. Nro. 3, pp.31-41.

Casañ, A. 2013. La decisión multicriterio: aplicación en la selección de ofertas competitivas en edificación. Tesis de Maestría. Universidad Politécnica de Valencia. España. 86p.

COVENIN 1917 Comisión Venezolana de Normas industriales. Envases

- plásticos. Caracas, Venezuela, 1988.
- COVENIN 3925 Comisión Venezolana de Normas industriales. Envases plásticos. Tapas plásticas. Características generales. Caracas, Venezuela, 2007.
- Dell' Oglio, H. 2013 .Economía& Negocios el Mundo [en línea]
www.elmundo.com.ve/noticias/economia/industrias/pymes-del-plastico-sin-facilidades-en-el-sicad.aspx. [Consultado: 23/01/ 2016]
- Evans, J.; Lindsay, W. eds2008.Administración y Control de la Calidad. Séptima edición. Monterrey, México, CengageLearning. 783p.
- García, S. 2012. “Diseño de un molde de inyección y elaboración de Diagramas de moldeo para la empresa Unión Plastic”. Trabajo Especial de Grado para obtener el título de Ing. Materiales, Universidad Simón Bolívar.
- Groover, M.1997. Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, procesos y sistemas. Primera edición. Mexico- Mexico. Hall Hispanoamericana S.A. 374p.
- Gutiérrez, H.; Salazar, R. eds2009. Control Estadístico de la Calidad y Seis Sigma. Tercera edición. Mc Graw Hill. Guanajuato, México, 468p.
- Hernández, E. 2008. “Una Metodología de Análisis Multicriterio para la Jerarquización de Proyectos de Inversión Pública” Trabajo Especial Grado MSc. en Investigación de Operaciones, Universidad Central de Venezuela.
- Hernández, E ; Rocco, C. 2012. Jerarquización y Selección de Esquemas de Generación Eléctrica Mediante Un Enfoque Basado En Análisis Multicriterio. III Congreso Venezolano de Redes y Energía Eléctrica, Marzo 2012. Caracas.

- Hernández, E ; Rocco, C. 2013 Jerarquización de proyectos de ingeniería para el sector público bajo el enfoque de análisis multicriterio basado en los métodos PROMETHÉE. Rev. Fac. Ing. UCV vol.28 (N°3).
- Herrero de Egaña, A. 1999 Análisis de las teorías de inversión en bolsa. Tesis Doctoral en Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad Complutense de Madrid.
- Hernández, E. 2008. Una Metodología de Análisis Multicriterio para le Jerarquización de Proyectos de Inversión Pública” Trabajo de Grado MSC. en Investigación de Operaciones, Universidad Central de Venezuela.
- Hobbs, B.; Meier, P. 1994. Multicriterio Methods for Resource Planning, An Experimental Comparison. IEEE Tran. on Power Systems, Vol. 9, No, 4, November 1994, pp. 1811-1817.
- Juran, J. ; Grina,F.1993. Manual de Control de Calidad. Cuarta Edición.Vol. I. Mc Graw Hill. Madrid, España, 468p.
- Lagos, I.; Vargas, J. 2003. Sistema de familias de distribuciones de Johnson, una alternativa para el manejo de datos no normales en cartas de control. Revista Colombiana de Estadística. Vol. 26 Nro. 1, pp 25 - 40.
- Manual de inyección de plástico. Variables y sus definiciones que son usadas en el proceso de inyección. Capítulo 5 [en línea]
<http://www.mailxmail.com/curso-manual-inyeccion-plasticos/variables-sus-definiciones-que-son-usadas-proceso-inyeccion>. [Consultado: 17/04/2016]
- Manual Técnico BMB KW70PI Prensa Inyectora para Materiales Plásticos. Brescia, Italia, 2008.
- Molina, D. 2005. Evaluación sistema de deshidratación de gas natural con

- trietilenglicol del tren B de la planta de Extracción Santa Bárbara. Trabajo de grado, Ingeniería Química, Universidad de Oriente, Puerto La Cruz.
- Moscoso, J.; Yalan, A. 2013. Mejora de la calidad en el proceso de fabricación de plásticos flexibles de la empresa Marplast utilizando sixsigma basado en la metodología DMAIC. Rev. Universidad de San Martín de Porres, Lima-Perú. 2-12p.
- Montgomery, D. eds 2014. Control Estadístico de la Calidad. Piña, R. Tercera edición. México, Limusa Wiley. 797p.
- Oirdobrio, S. 2012 "Plan de mejora de proceso en la línea de producción uniloy 6 en la empresa plásticos y desarrollo S.A.". Ing. de Producción. Univesidad Centro occidental Lisandro Alvarado.
- Pérez, D. 2012. Estandarización del proceso productivo en la empresa PolyPrint de Venezuela C.A. Universidad Yacambú. Cabudare.
- Ramos, P, Carolla, C., Najul, M., Carrasquero, N., Sanchez, R. 2004. Diseño de un modelo evaluativo de calidad del servicio de suministro de agua en sistema de riego. Revista Facultad de Ingeniería de la Universidad Central de Venezuela. Vol. 19. Nro. 3, pp.5-13.
- Ríos, G. Series de Tiempo. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas. Universidad de Chile [en línea] https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2010/1/CC52A/1/material_docente/bajar?id. [Consultado: 16/12/ 2016]
- Roche, H; Vejo, C. 2005. Métodos cuantitativos aplicados a la administración. Material de Apoyo Análisis Multicriterio [en línea] <http://www.ccee.edu.uy/ensenian/catmetad/material/mda-scoring-ahp.pdf>.

[Consultado: 16/02/ 2016]

SINAES. Manual para la elaboración de Planes de mejoramiento [en línea]
<http://es.scribd.com/doc/254143256/Manual-Para-La-Elaboracion-de-Planes-de-Mejoramiento#scribd>. [Consultado: 16/02/ 2016]

Tovar, J. 2007. Reducción de desperdicios en una Industria Plástica mediante la Metodología de Mejora Continua en el proceso de Inyección PVC. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. Ecuador. 119p.

Yáñez, R. 2013. Especificación Para Envases Plásticos. Instructivo de Trabajo. Corporación Lelli de Venezuela C.A. P.24.

Zamudio, L. ; Hernández, C. 2004. Aplicación de herramientas estadísticas para mejorar la calidad del proceso de mezcla de empaques de caucho para tubería en la empresa ETERNA, S:A. Tesis de Grado para optar al título de Ingeniero Industrial. Pontificia Universidad Javeriana. Bogotá Colombia. 103p.

APENDICE A

A.1 Análisis del supuesto de Normalidad de las características críticas del proceso de fabricación de los envases 4 galones y sus respectivas tapas, empleando el método de Wilk-Shapiro.

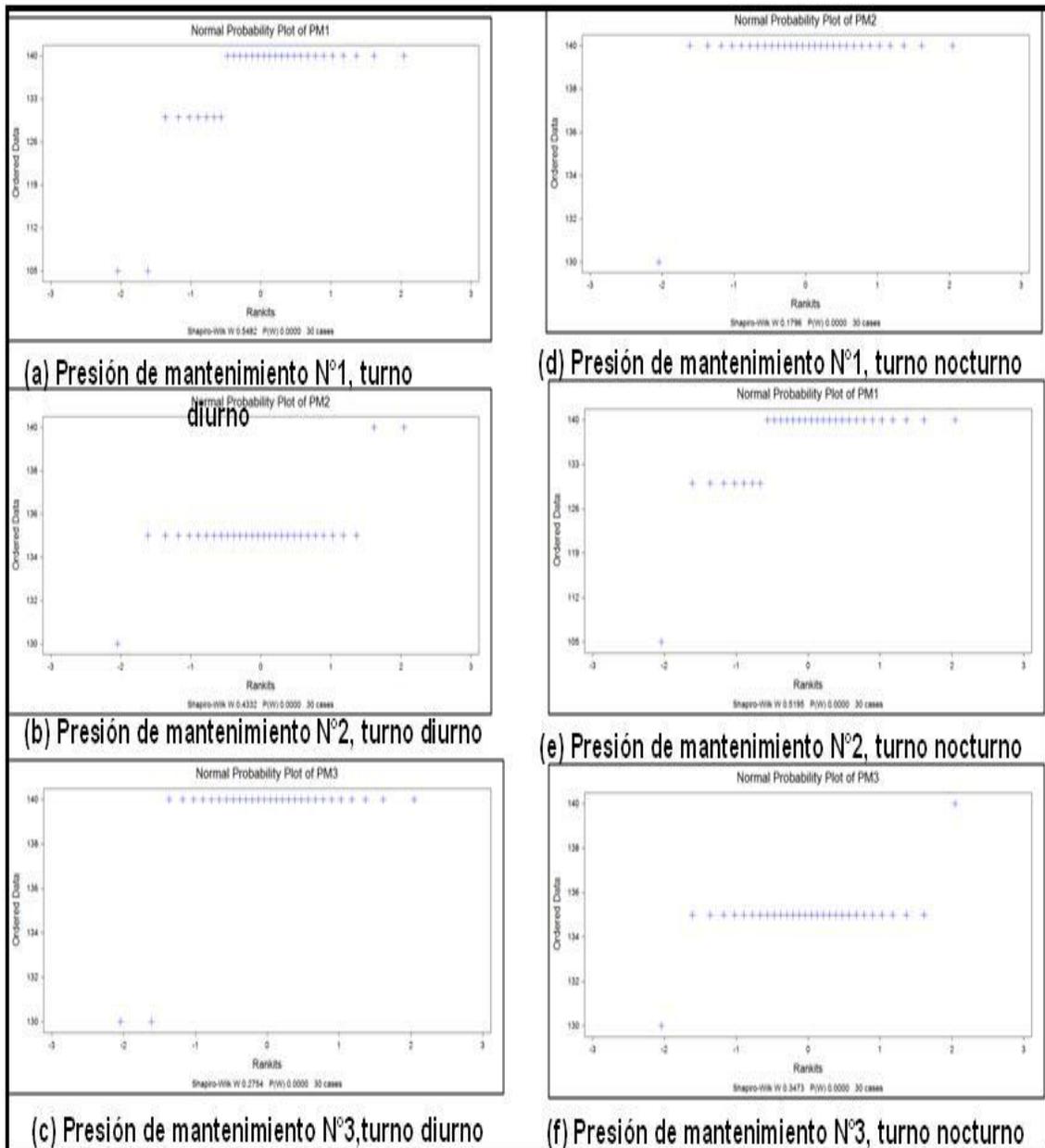


Figura N° 39. Gráficos de normalidad de los datos de las presiones de mantenimiento de los envases, en los turnos diurnos y nocturno.

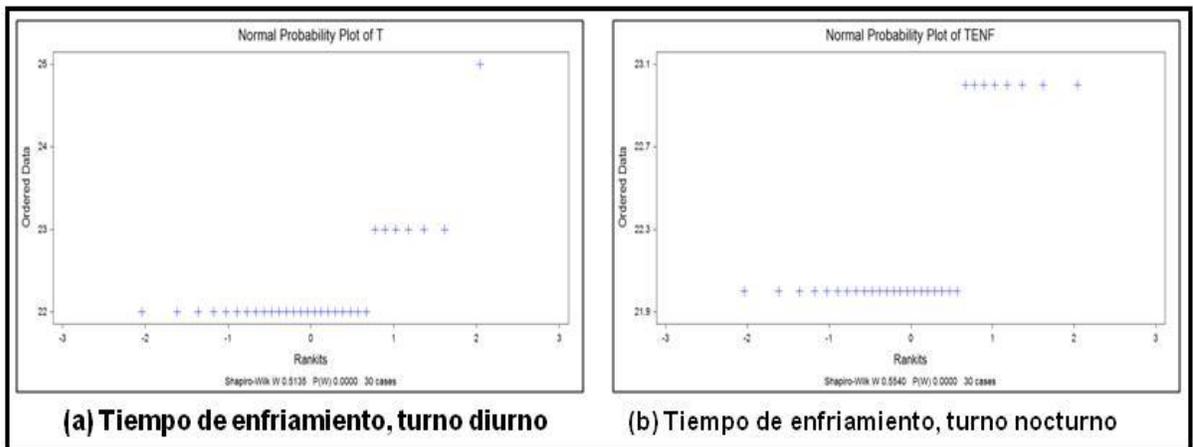


Figura N° 40. Gráficos de normalidad de los datos del tiempo de enfriamiento de los envases, en los turnos diurnos y nocturno.

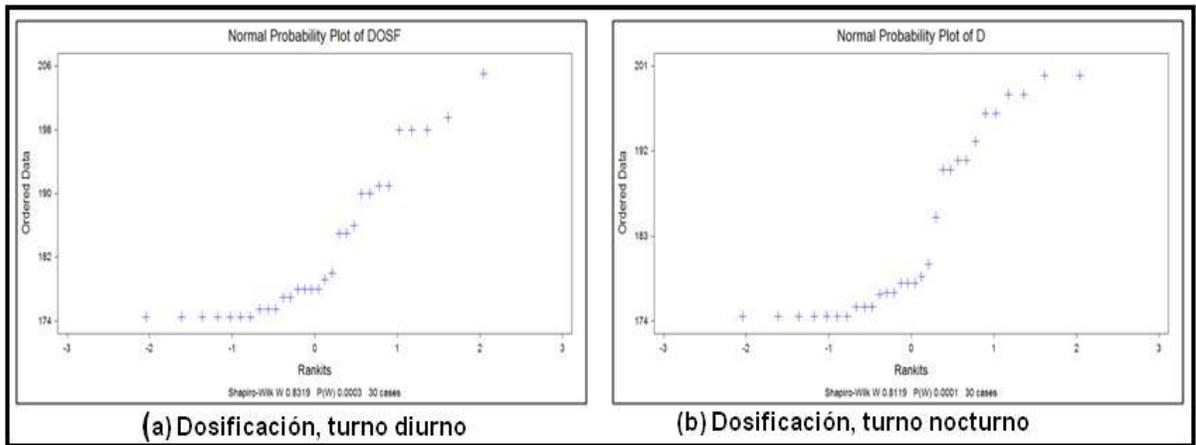


Figura N° 41. Gráficos de normalidad de los datos de dosificación de los envases, en los turnos diurnos y nocturno.

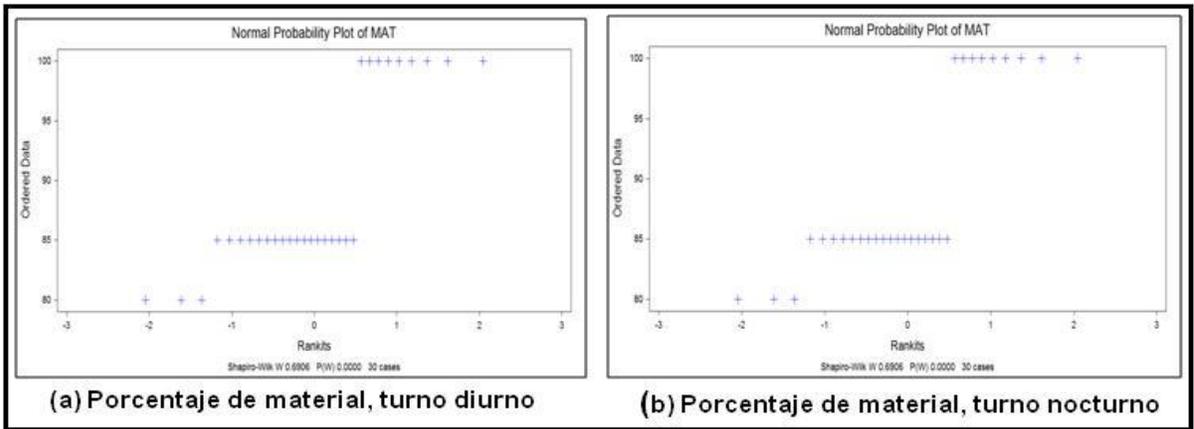


Figura N° 42. Gráficos de normalidad de los datos de porcentaje de material de los envases, en los turnos diurnos y nocturno.

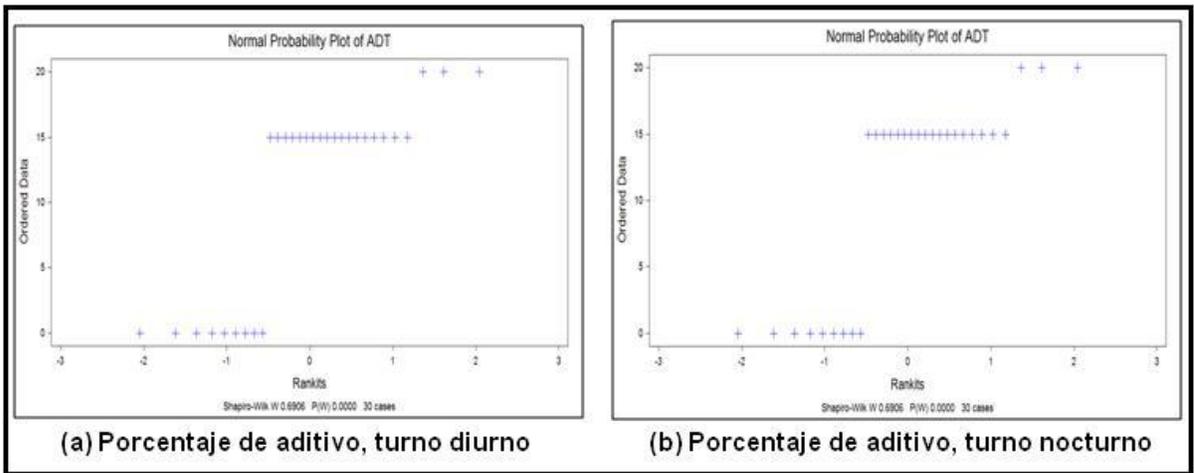
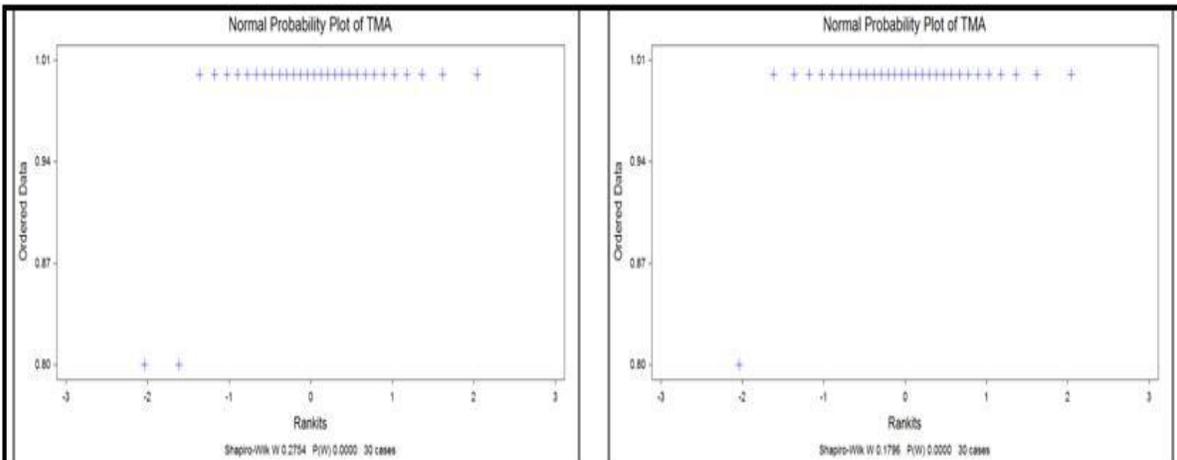
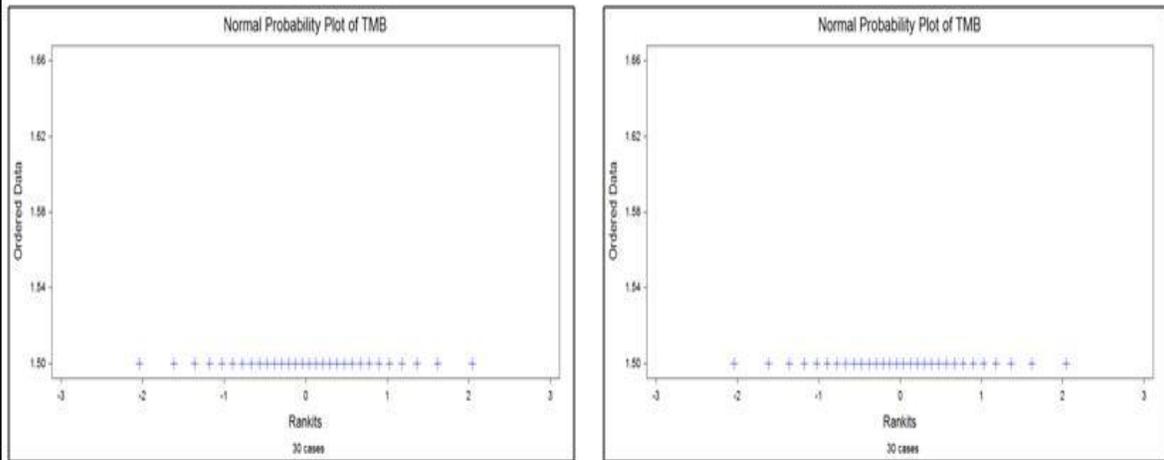


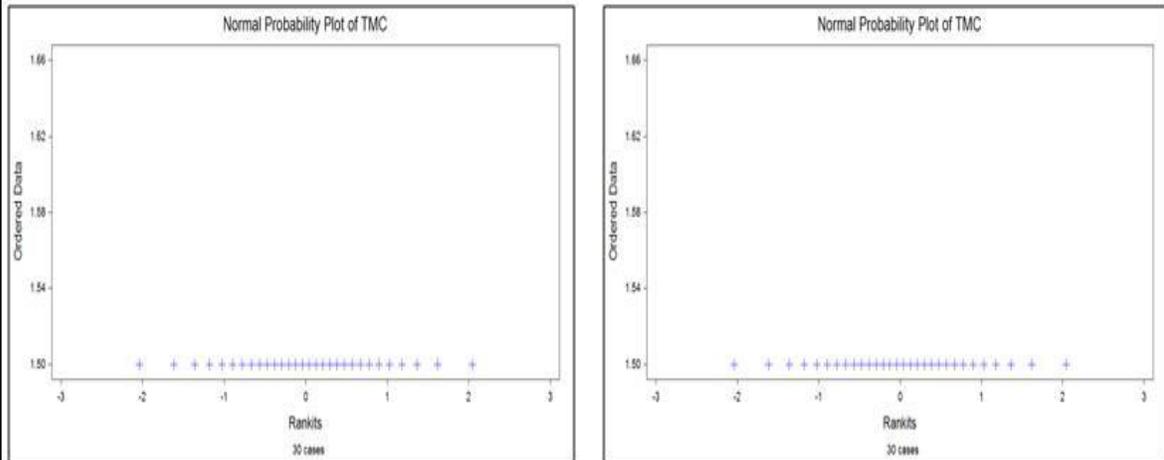
Figura N° 43. Gráficos de normalidad de los datos de porcentaje de aditivo de los envases, en los turnos diurnos y nocturno.



(a) Tiempo de mantenimiento N° 1, turno diurno (d) Tiempo de mantenimiento N°1, turno nocturno



(b) Tiempo de mantenimiento N° 2, turno diurno (e) Tiempo de mantenimiento N° 2, turno nocturno



(c) Tiempo de mantenimiento N° 3, turno diurno (f) Tiempo de mantenimiento N° 3, turno nocturno

Figura N° 44. Gráficos de normalidad de los datos de tiempo de mantenimiento de los envases, en los turnos diurnos y nocturno.

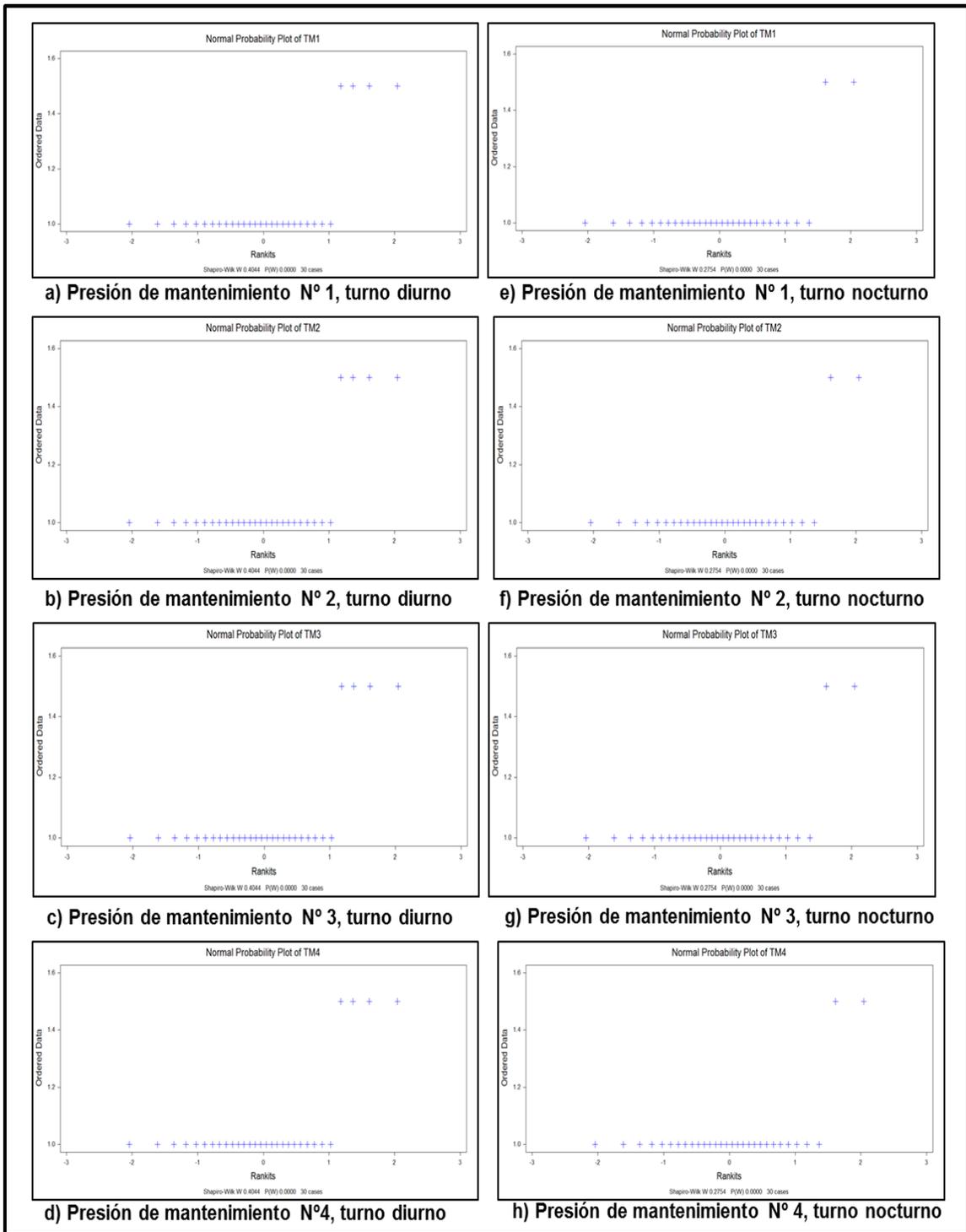


Figura N° 45. Gráficos de normalidad de los datos de presión de mantenimiento de las tapas, en los turnos diurnos y nocturno.

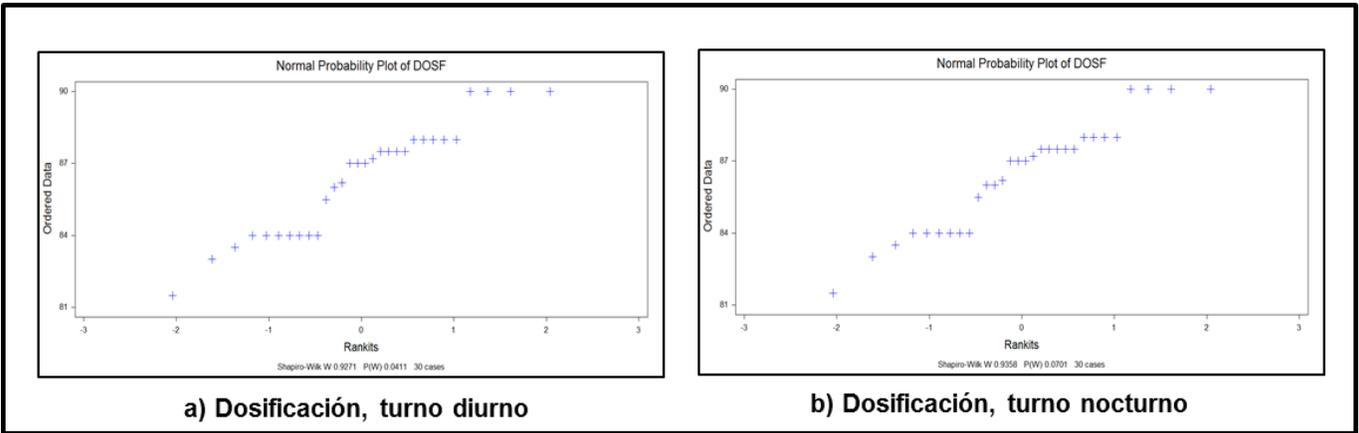


Figura N° 46. Gráficos de normalidad de los datos de dosificación de las tapas, en los turnos diurnos y nocturno.

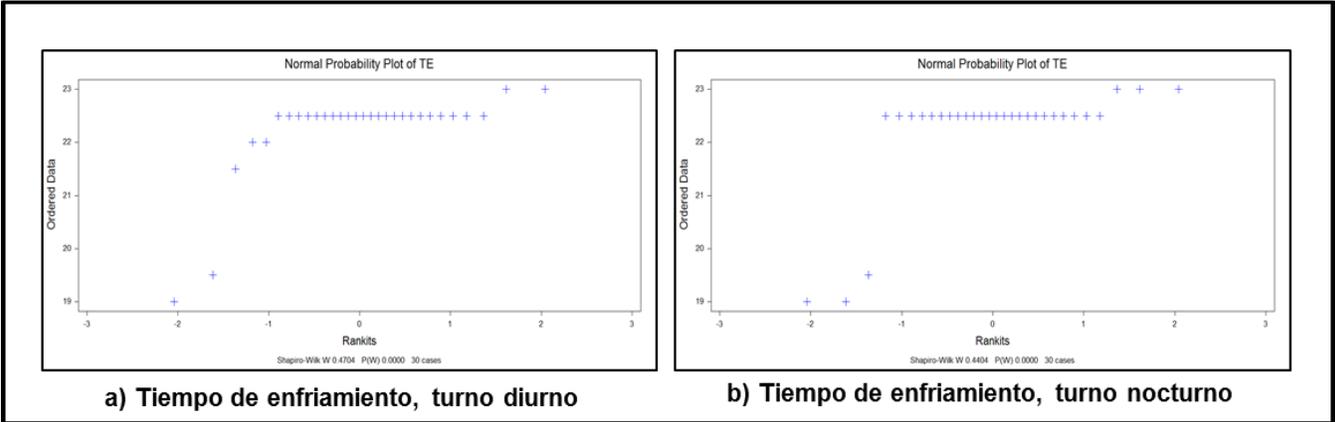


Figura N° 47. Gráficos de normalidad de los datos del tiempo de enfriamiento de las tapas, en los turnos diurnos y nocturno.

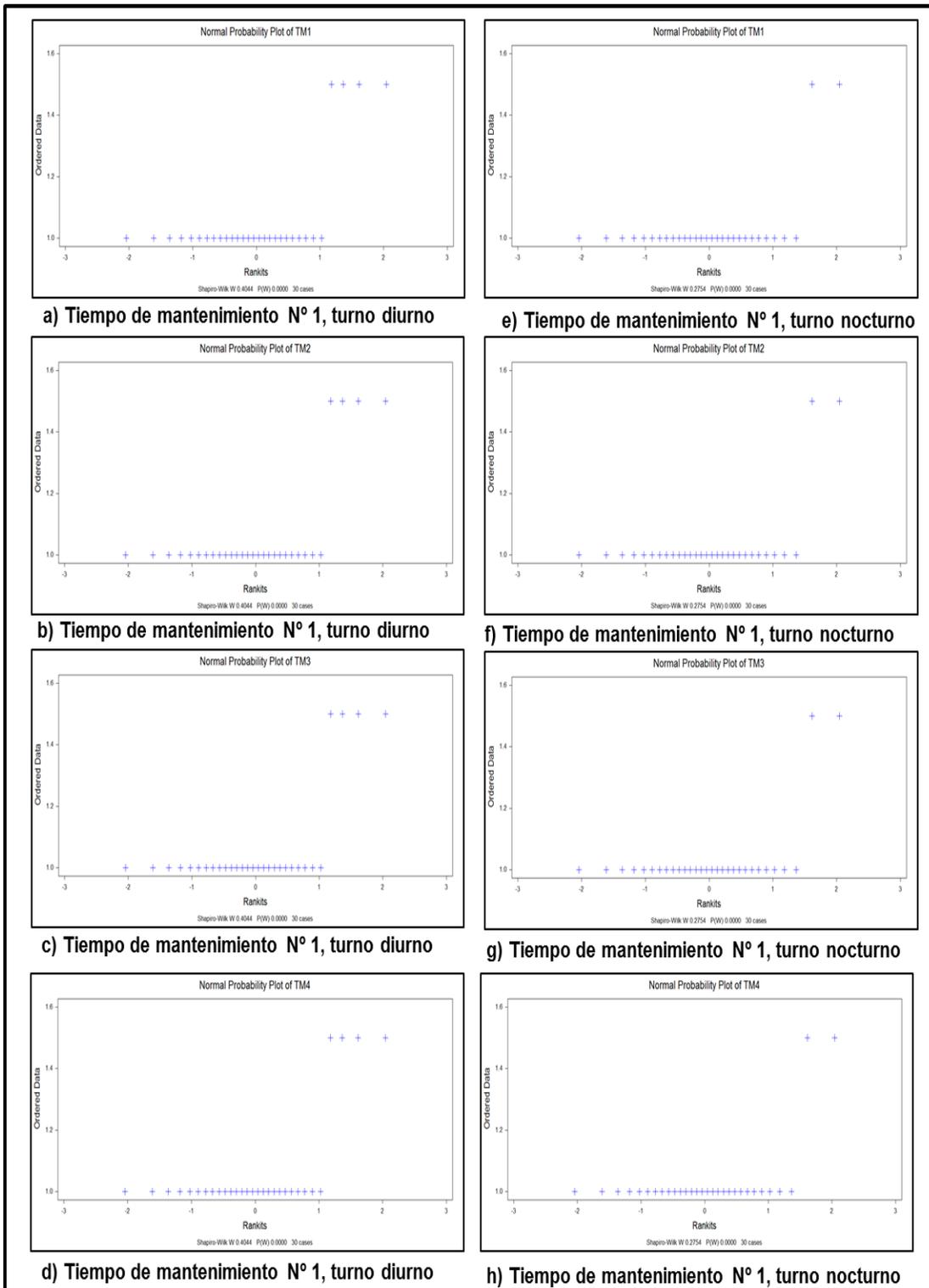


Figura N° 48. Gráficos de normalidad de los datos del tiempo de mantenimiento de las tapas, en los turnos diurnos y nocturno.

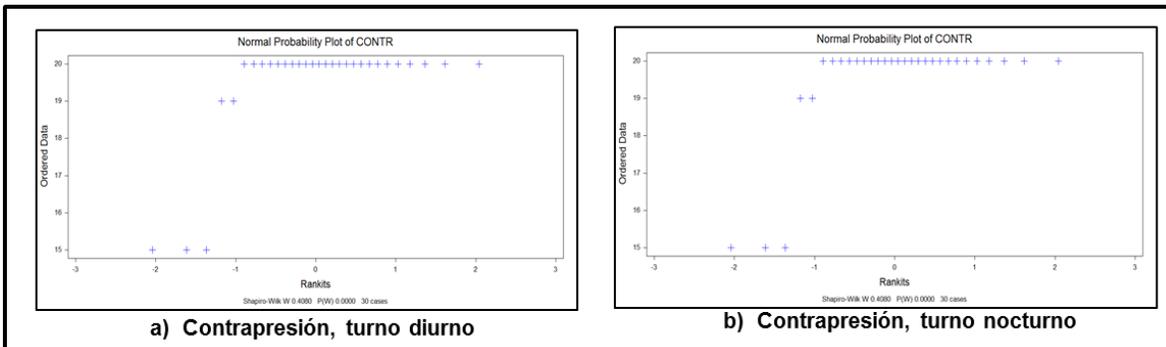


Figura N° 49. Gráficos de normalidad de los datos de contrapresión de las tapas, en los turnos diurnos y nocturno.

A.2 Análisis estadístico de las cartas individuales y rango móvil de las características críticas del proceso de envases y tapas.

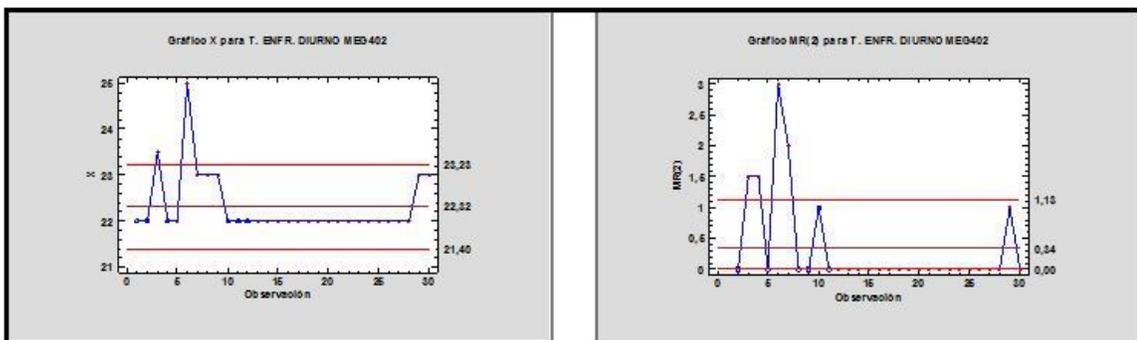


Figura N° 50. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil del tiempo de enfriamiento del proceso de producción de envases en el turno diurno.

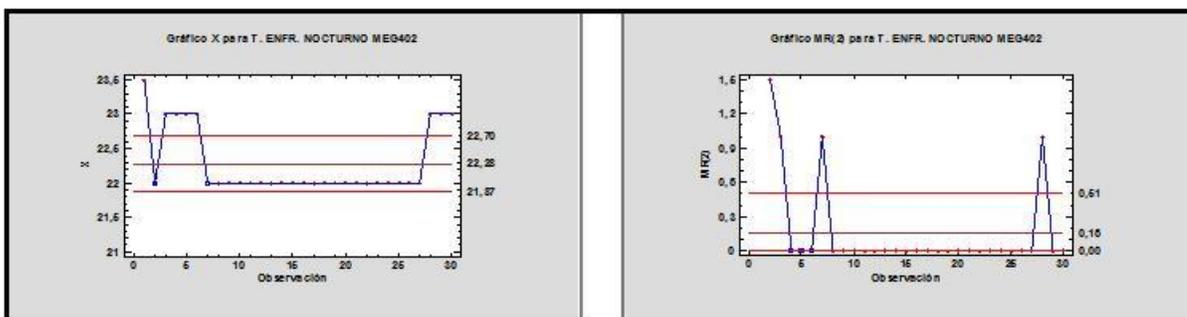


Figura N° 51. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil del tiempo de enfriamiento del proceso de producción de envases en el turno nocturno.

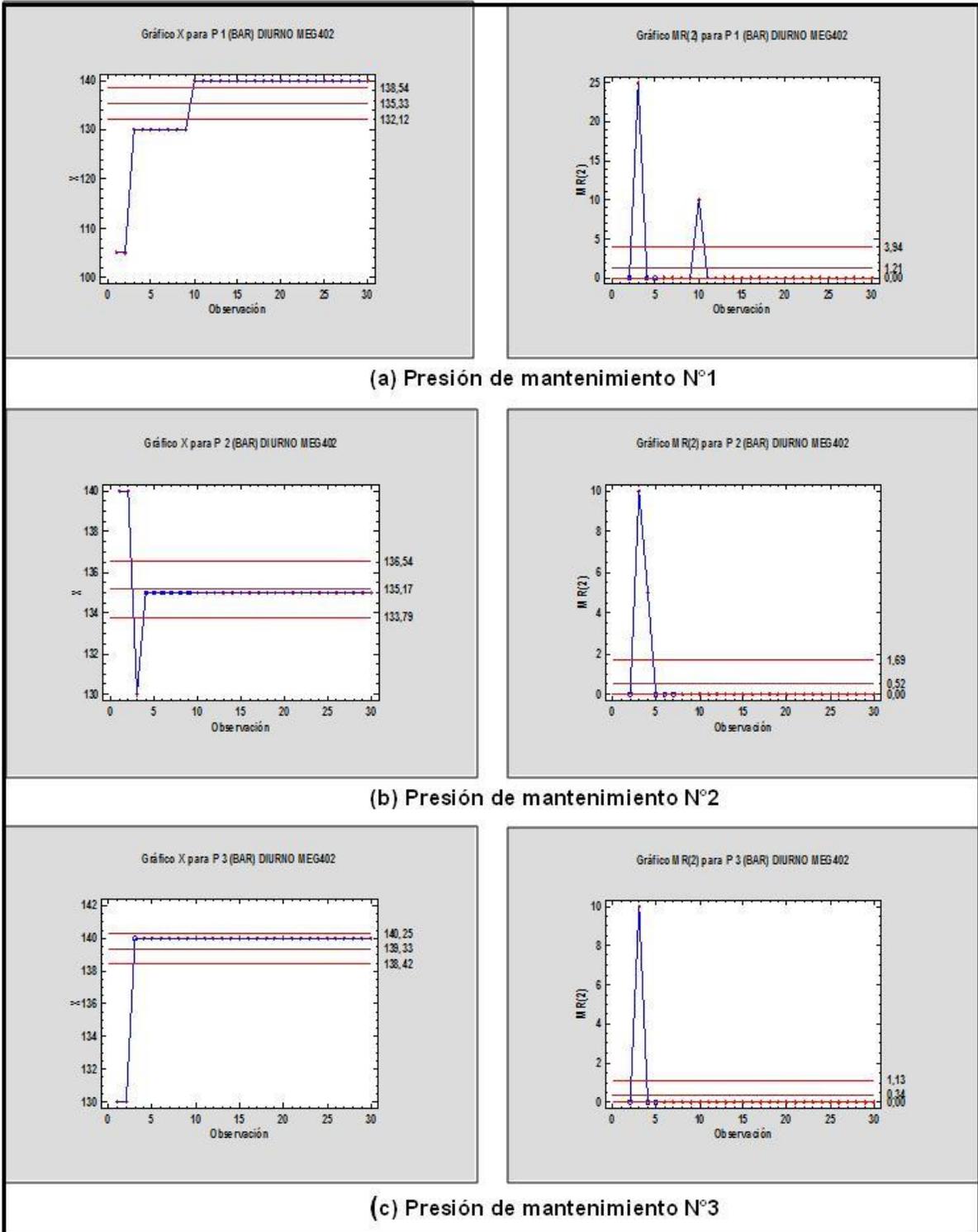
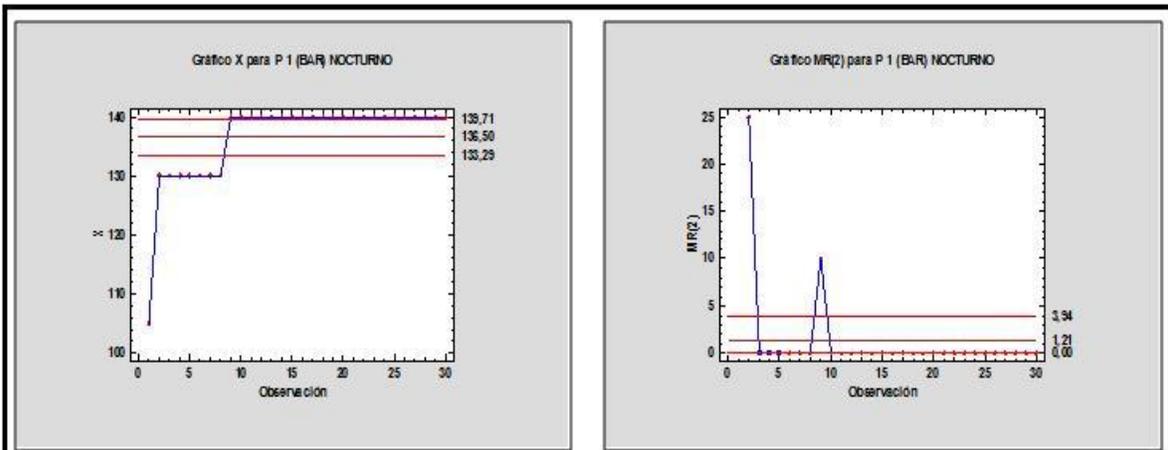
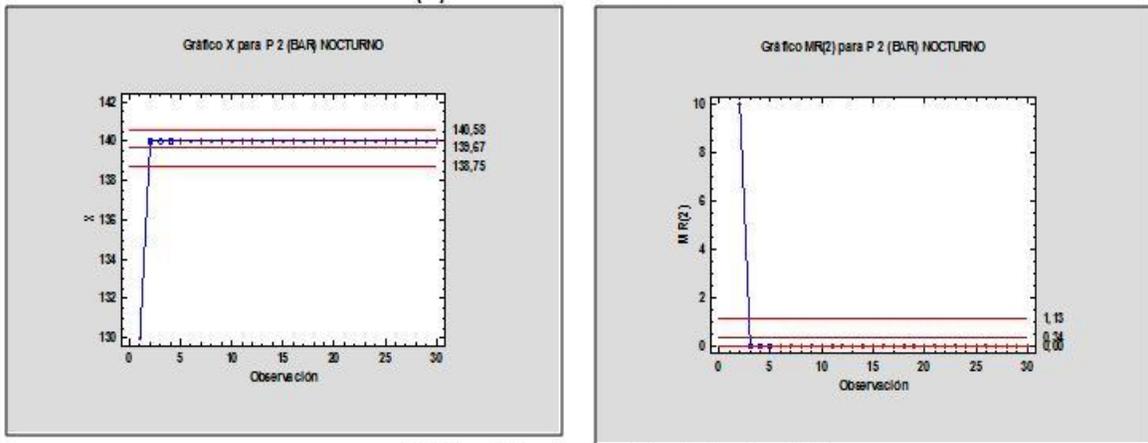


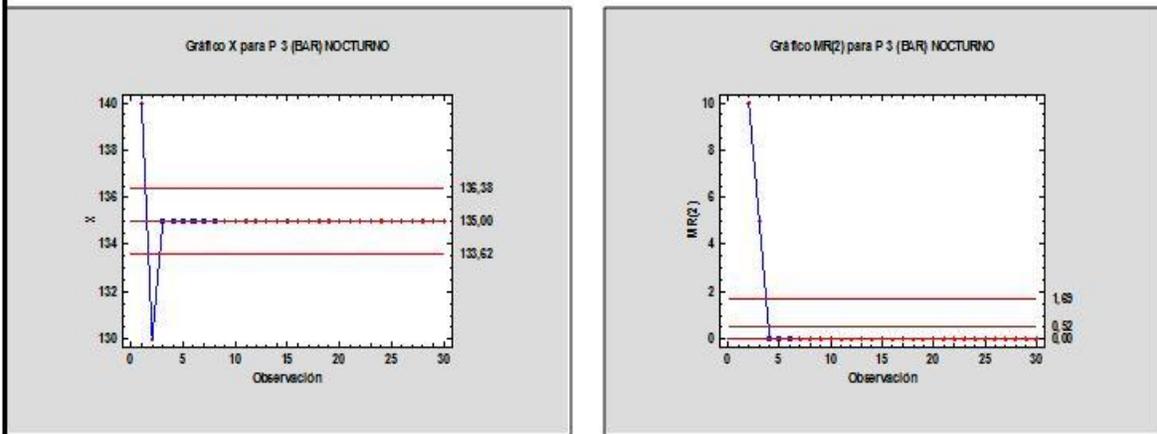
Figura N° 52. Cartas de control de las mediciones individuales y cartas de control de rango móvil de las presiones de mantenimiento del proceso de producción de envases en el turno diurno



(c) Presión de mantenimiento N°1



(d) Presión de mantenimiento N°2



(e) Presión de mantenimiento N°3

Figura N° 53. Cartas de control de las mediciones individuales y cartas de control de rango móvil de las presiones de mantenimiento del proceso de producción de envases en el turno nocturno.

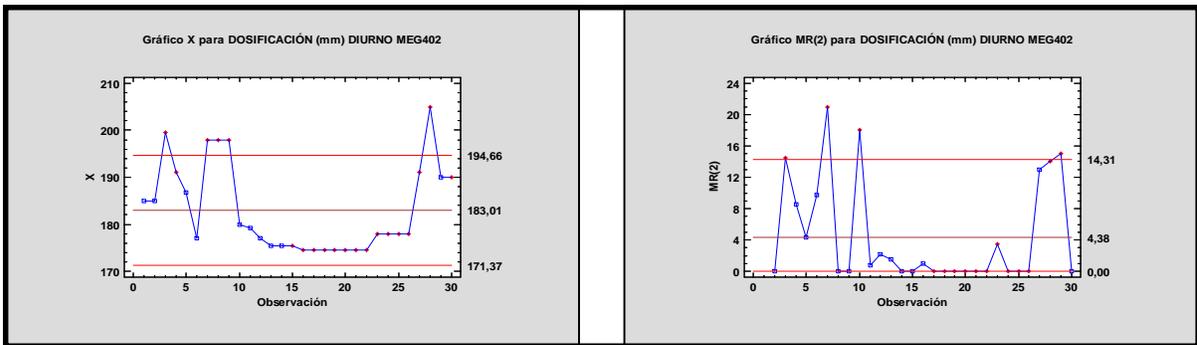


Figura N° 54. Cartade control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil de la dosificacióndel proceso de producción de envases en el turno diurno.

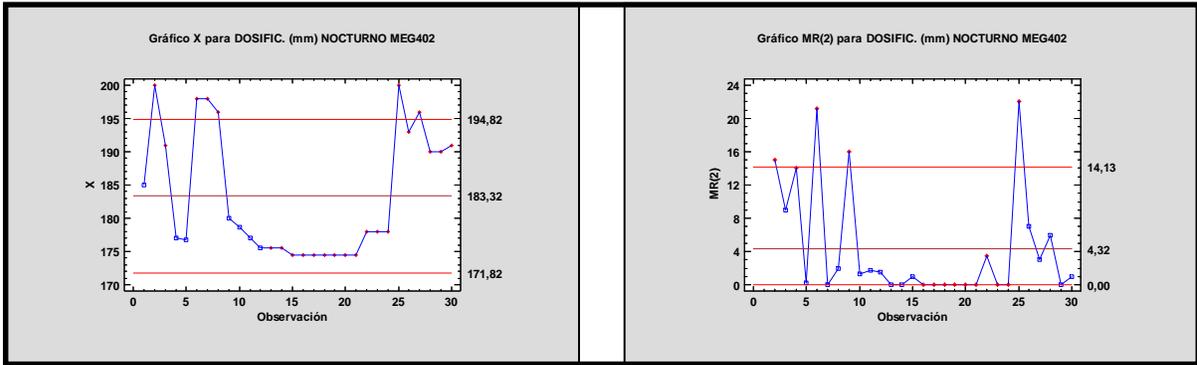


Figura N° 55. Cartade control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil de la dosificacióndel proceso de producción de envases en el turno nocturno.

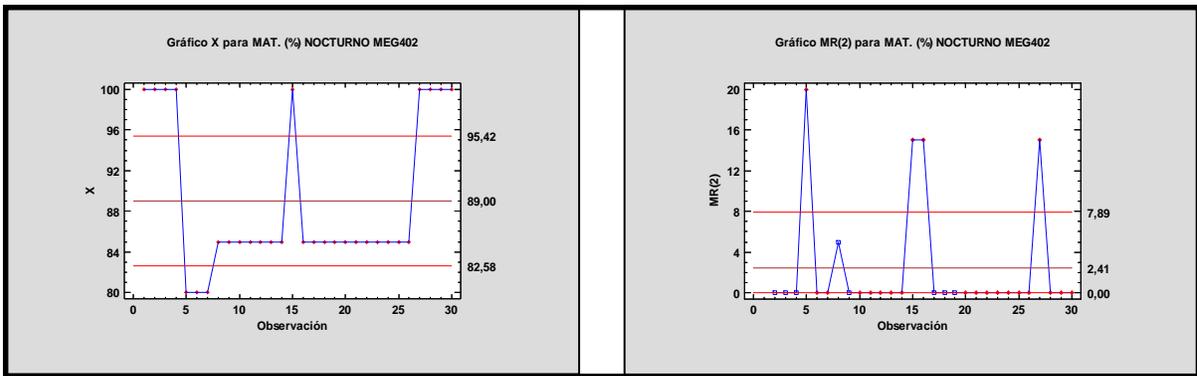


Figura N° 56. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil del porcentaje de material del proceso de producción de envases en el turno diurno.

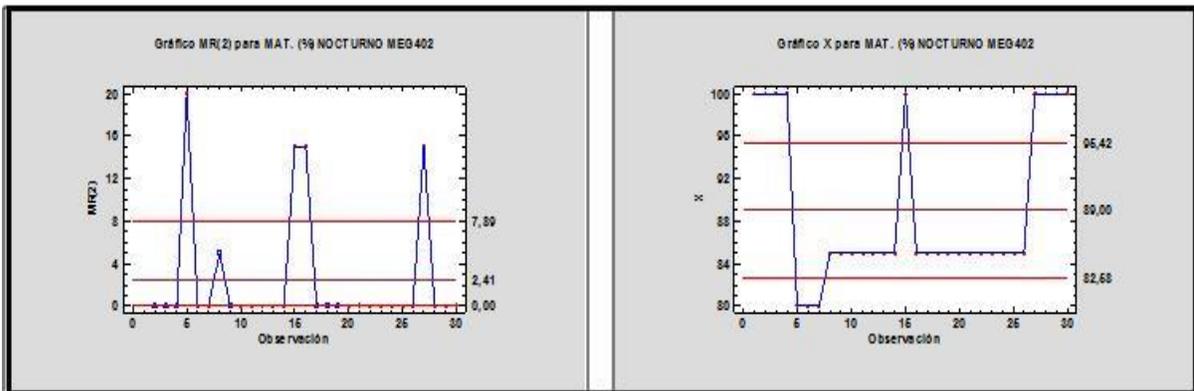


Figura N° 57. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil del porcentaje de material del proceso de producción de envases en el turno nocturno.

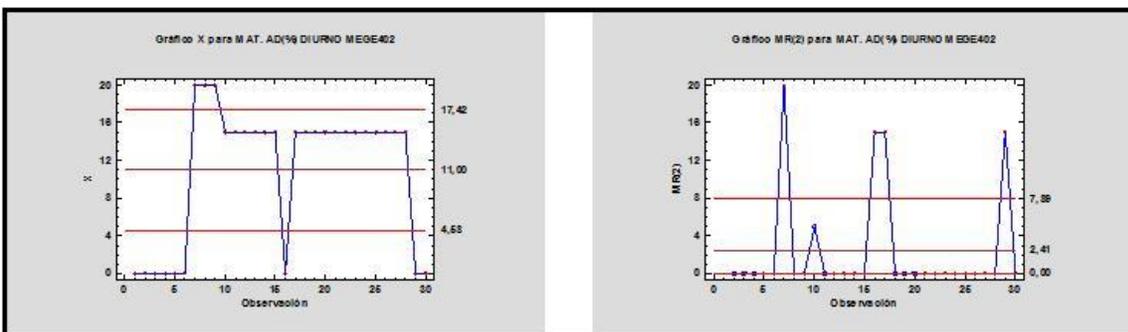


Figura N° 58. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil del porcentaje de aditivo del proceso de producción de envases en el turno diurno.

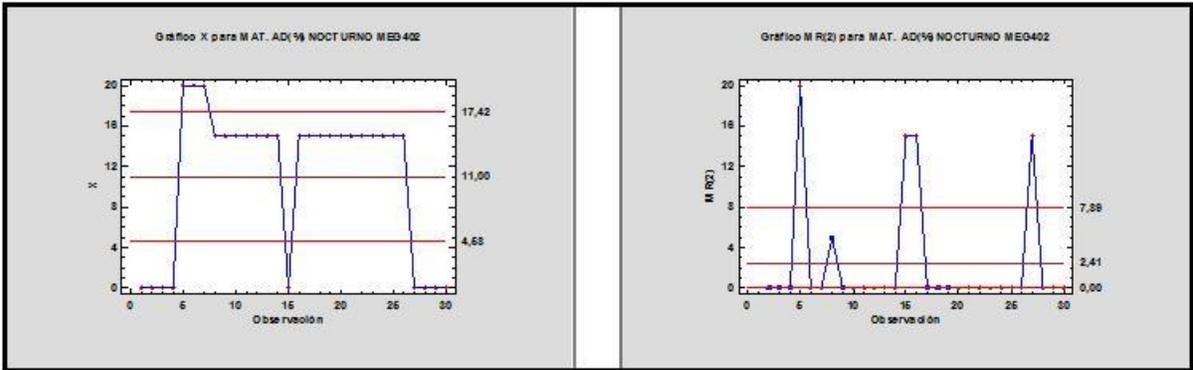
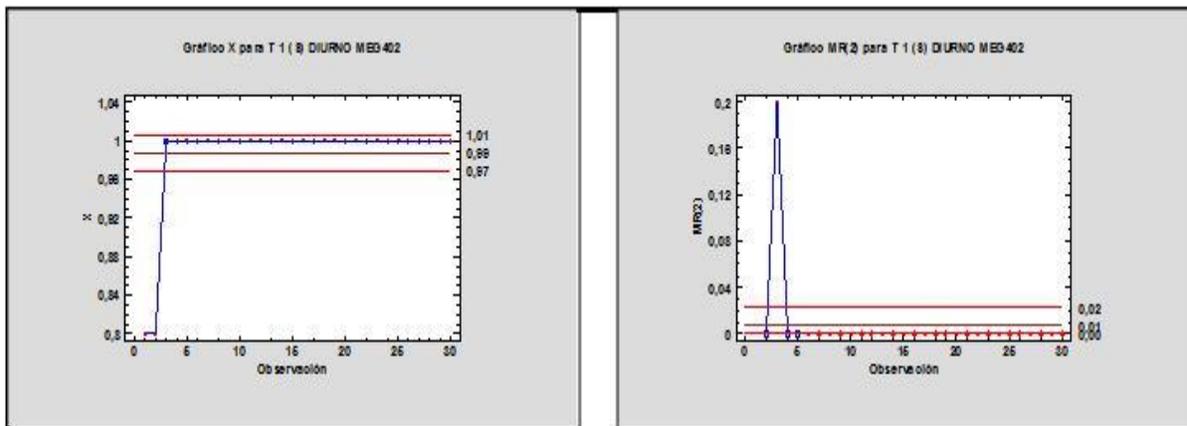
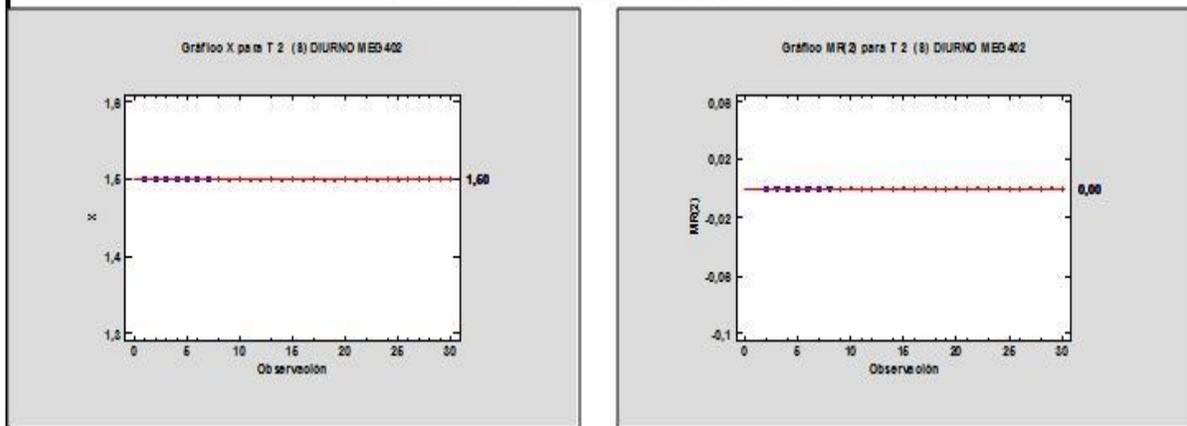


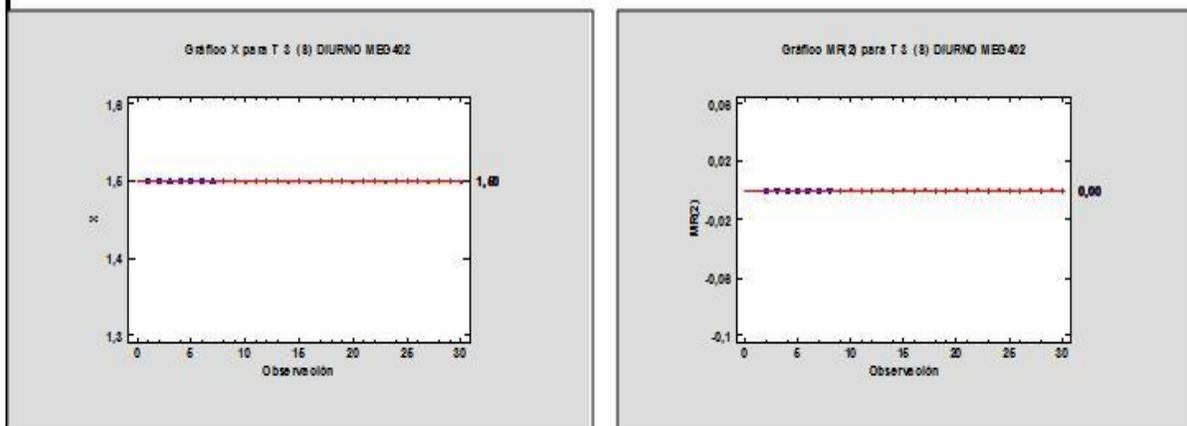
Figura N° 59. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil del porcentaje de aditivo del proceso de producción de envases en el turno nocturno.



(a) Tiempo de mantenimiento N°1

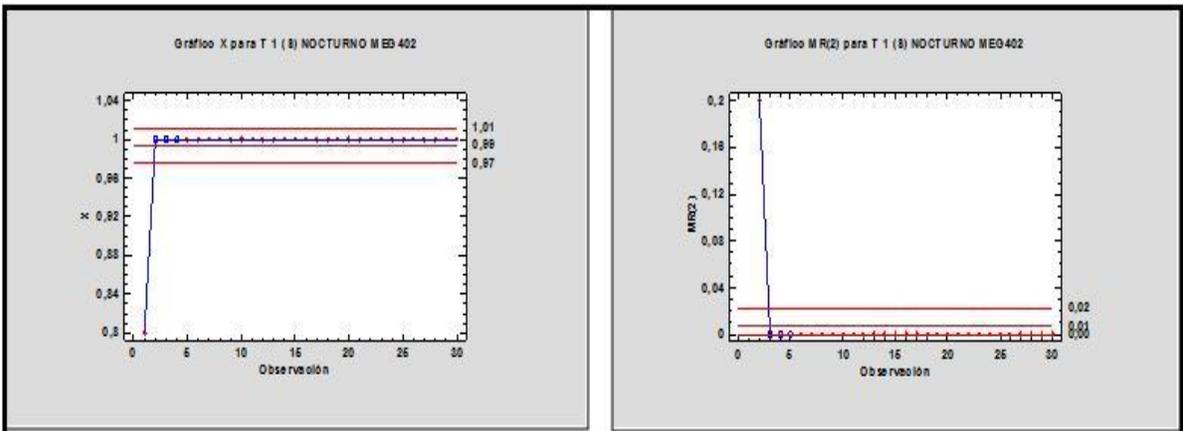


(b) Tiempo de mantenimiento N°2

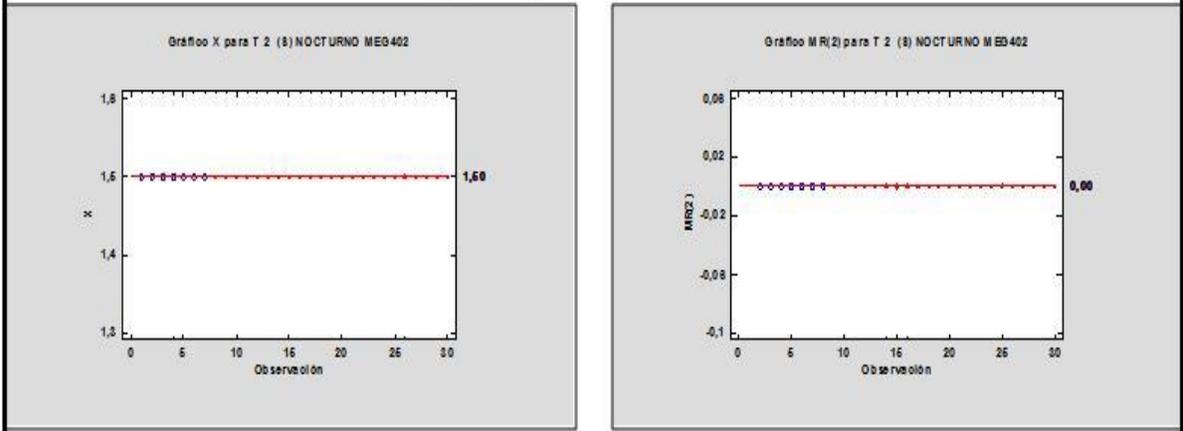


(c) Tiempo de mantenimiento N°3

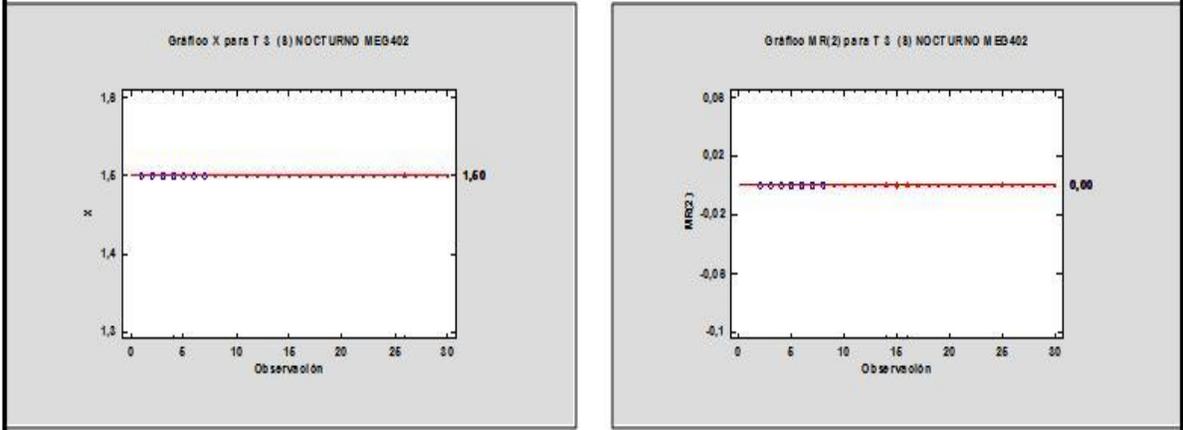
Figura N° 60. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil del tiempo de mantenimiento del proceso de producción de envases en el turno diurno.



(d) Tiempo de mantenimiento N°1



(e) Tiempo de mantenimiento N°2



(f) Tiempo de mantenimiento N°3

Figura N° 61. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil del tiempo de mantenimiento del proceso de producción de envases en el turno nocturno.

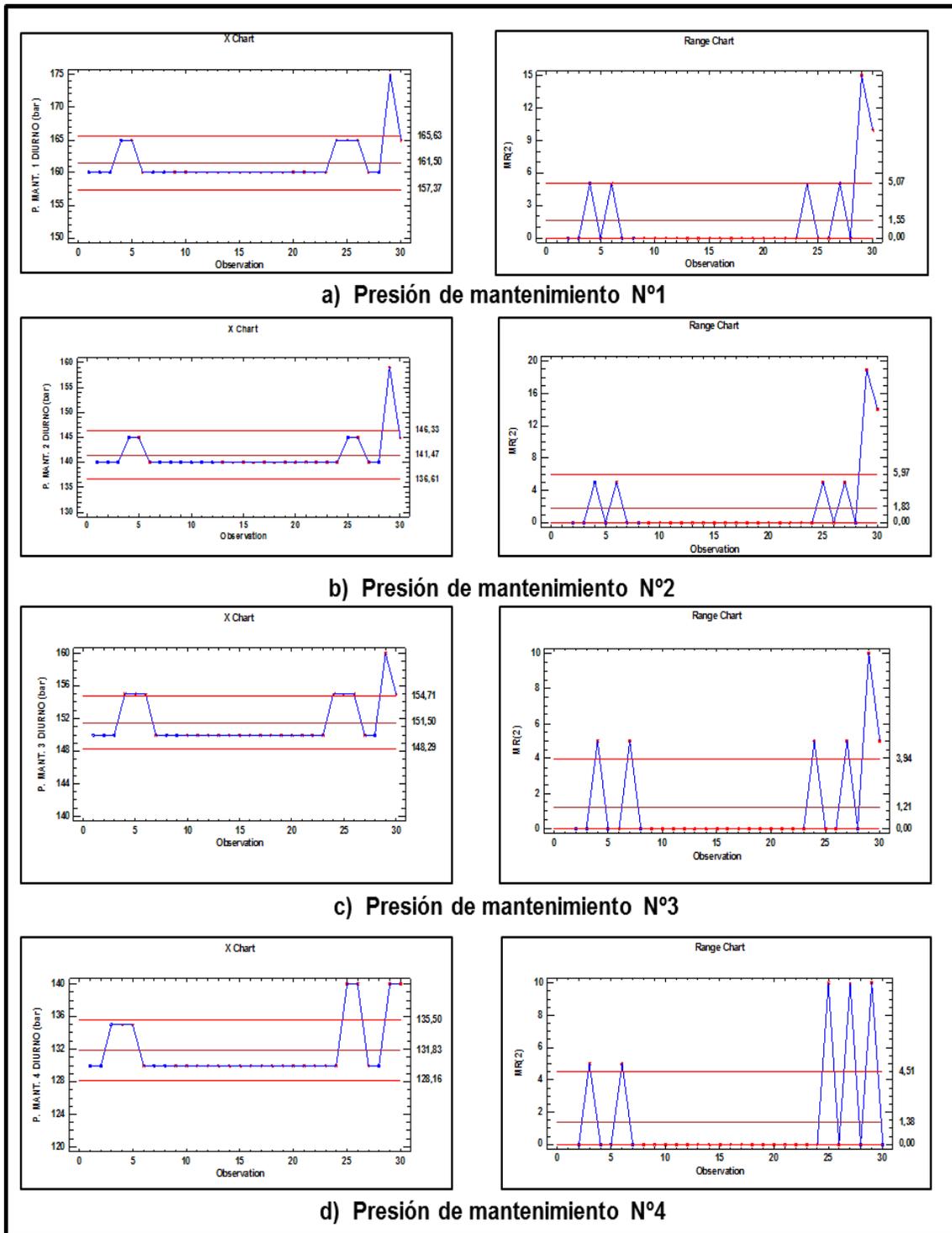


Figura N° 62. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil de la presión de mantenimiento del proceso de las tapas, del turno diurno.

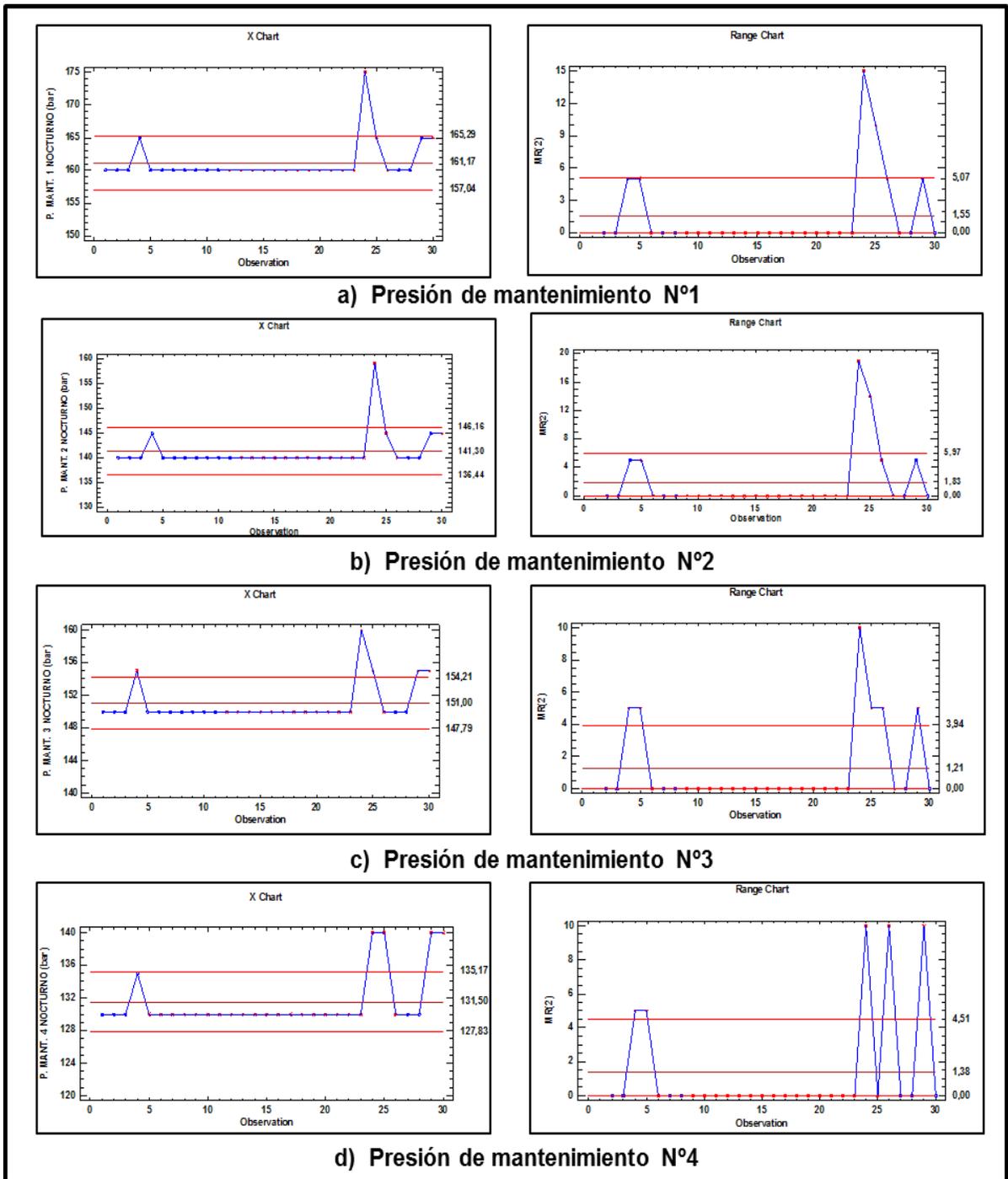


Figura N° 63. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil de la presión de mantenimiento del proceso de las tapas, del turno nocturno.

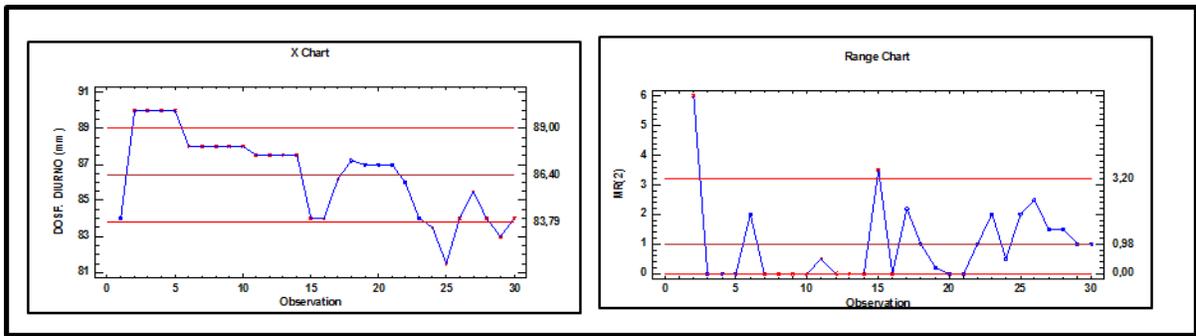


Figura N° 64. Cartade control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil de la dosificación del proceso de las tapas, del turno diurno.

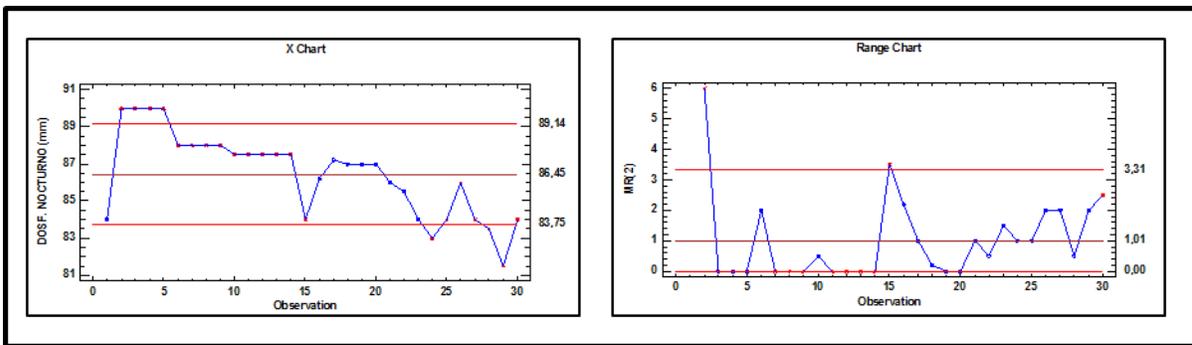


Figura N° 65. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil de la dosificación del proceso de las tapas, del turno nocturno. 64

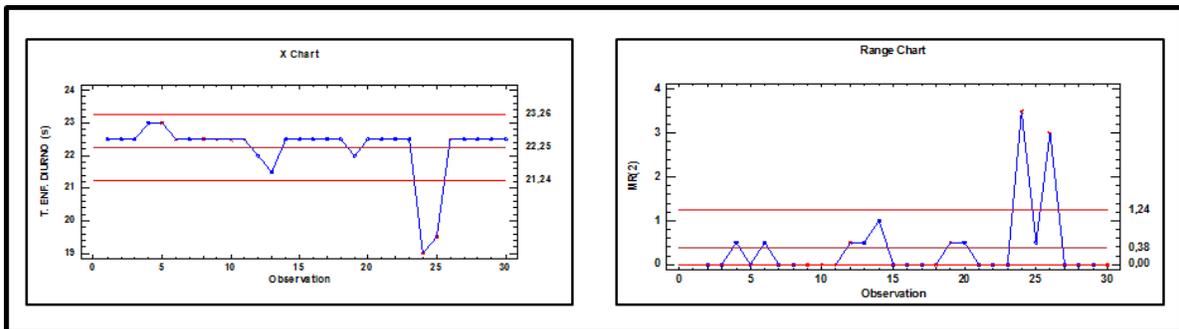


Figura N° 66. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil del tiempo de enfriamiento del proceso de las tapas, del turno diurno.

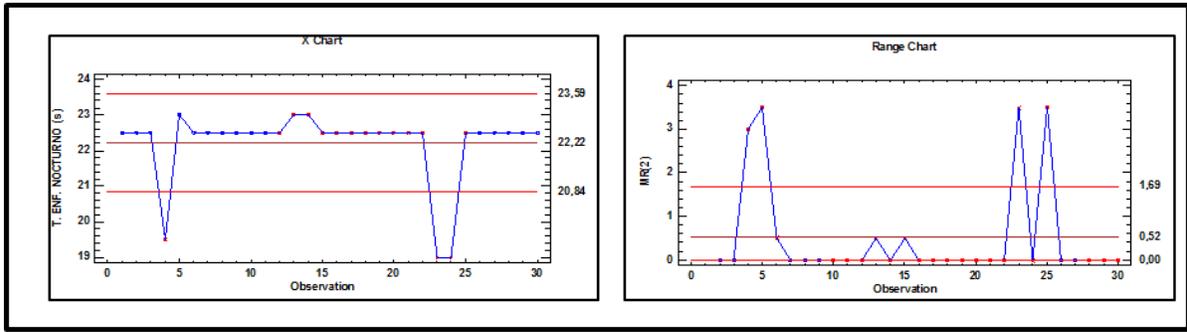


Figura N° 67. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil del tiempo de enfriamiento del proceso de las tapas, del turno nocturno⁶⁶

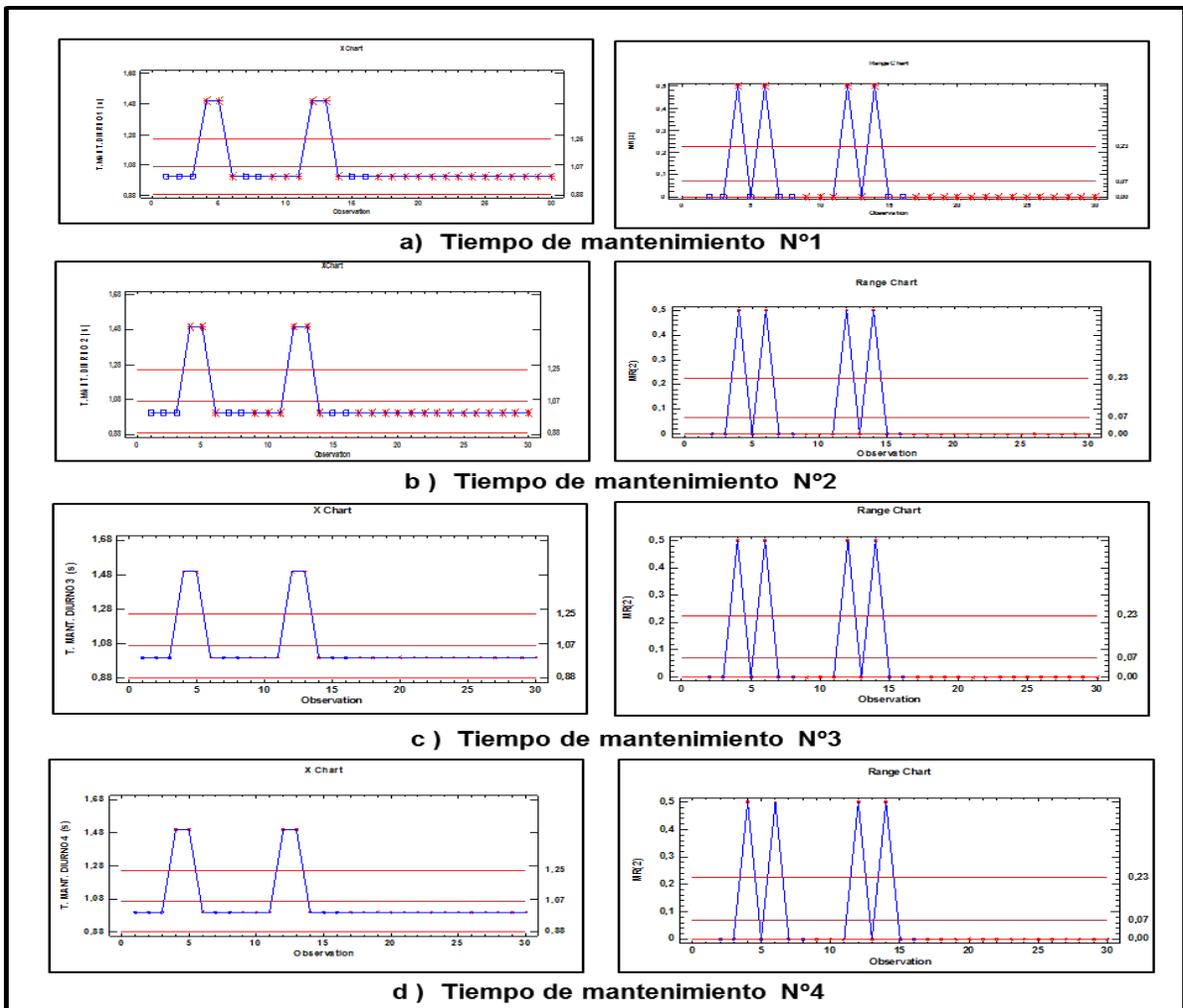


Figura N° 68. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil del tiempo de mantenimiento del proceso de las tapas, del turno diurno.

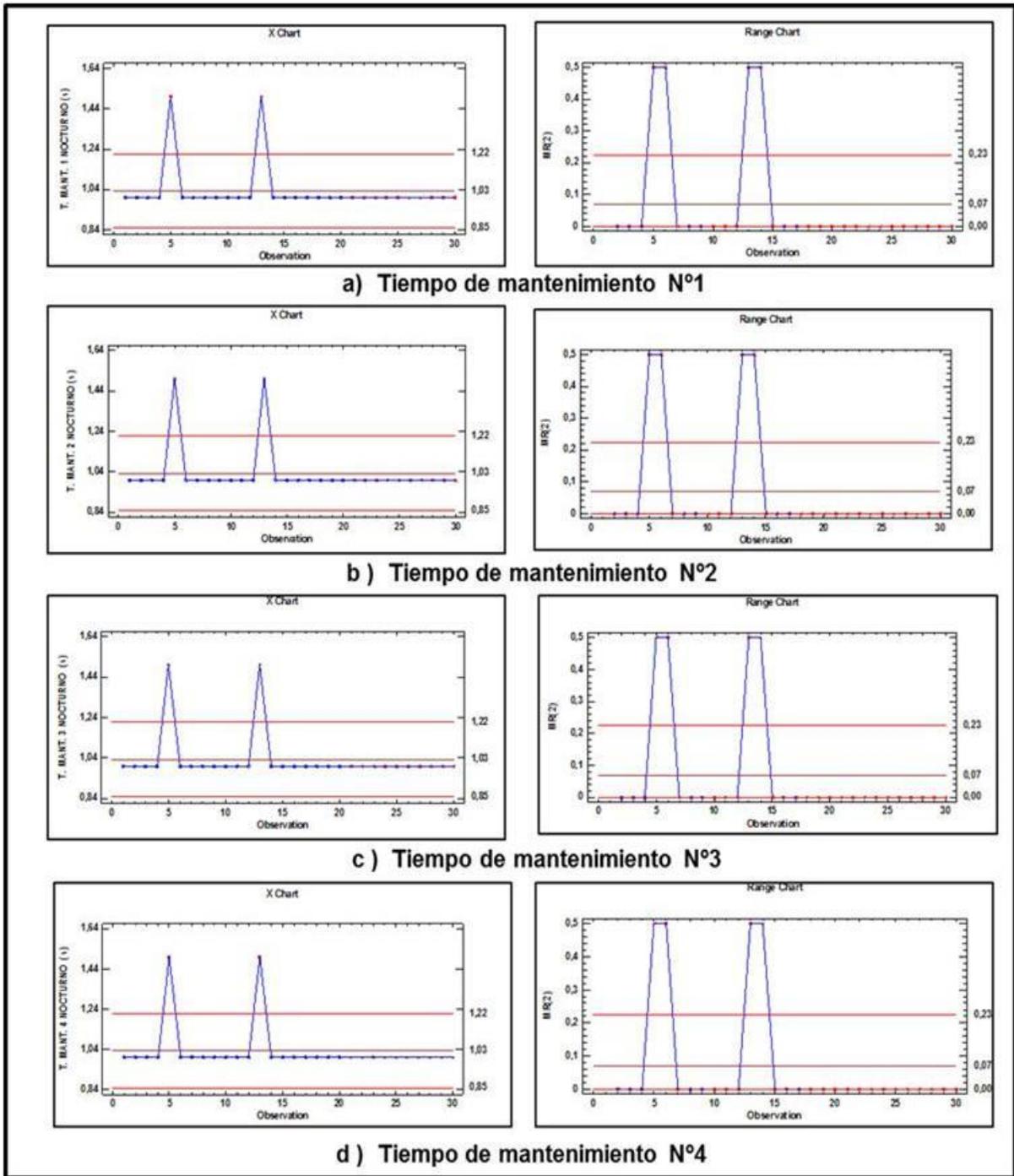


Figura N° 69. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil del tiempo de mantenimiento del proceso de las tapas, del turno nocturno.

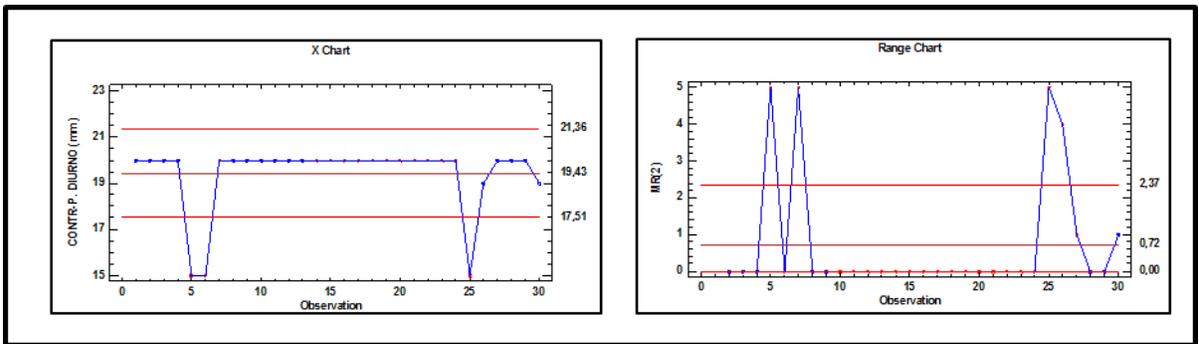


Figura N° 70. Carta de control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil dela contrapresión del proceso de las tapas, del turno diurno.

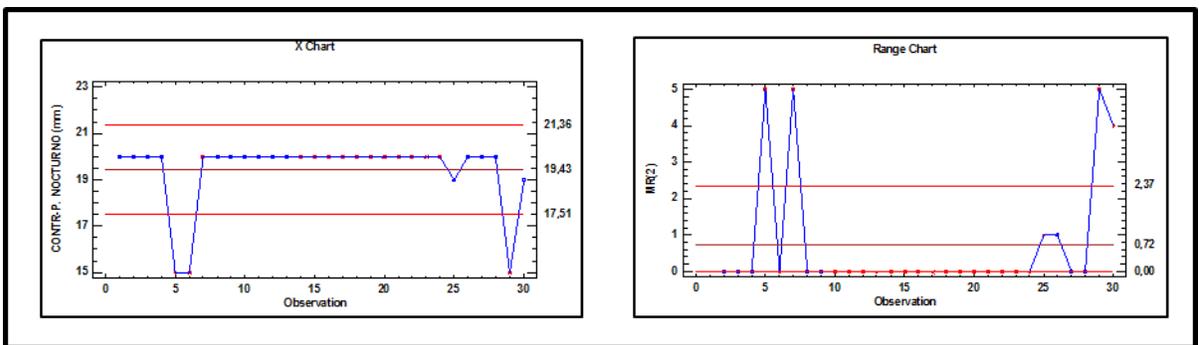


Figura N° 71. Cartade control de las mediciones individuales y carta de control de rango móvil de la contrapresión del proceso de las tapas, del turno nocturno.