UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA MECÁNICA

VALPARAÍSO – CHILE

DESPLIEGUE DE UNA PROPUESTA DE VALOR A UN TALLER DE MANTENIMIENTO DE TRENES DE METRO SANTIAGO, UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE ESTANDARIZACIÓN DE MEJORA CONTINUA

FELIPE ANTONIO TORRES RIVERA

MEMORIA DE TITULACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE: INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL

PROFESOR GUÍA: DR. ING. PEDRO SARIEGO PASTÉN

PROFESOR CORREFERENTE: ING. LUIS GUZMÁN BONET

Valparaíso, Marzo 2016

AGRADECIMIENTOS

Agradecimientos a mis padres por forjar quién soy; a ellos y a mi hermana por acompañarme durante todo el proceso, apoyarme en los momentos difíciles y ser parte de los felices. A Paloma por su amor, entrega, comprensión, paciencia, apoyo incondicional y por llevarme a ser mejor persona cada día.

Al "*mecaniclan*" por completo, quiénes son mis amigos y mi familia de la universidad, compañeros de tantas batallas, noches de estudios, estrés. Pero también de alegrías, amistad y goce. Colaboradores en mi formación y parte fundamental de este logro, Demetrio, Sebastián, Patricio, Boris, Danilo, Pablo, Alexis y Federico ¡gracias totales!

A mis compañeros de Alstom por ayudarme en el desarrollo de este trabajo de título: Patricio Zamora, Luis Rojas, Fabián Manosalva, Elizabeth Tello, Jimmy Burdiles, Alfredo Chandía y Camilo Domínguez, muchísimas gracias por sus consejos y buena disposición.

Dedicado a mis padres

RESUMEN

La estandarización de procesos es una herramienta de mejora continua que tiene como fin apoyar a las empresas a generar un método de trabajo por el cual se elimina la variación, desperdicio y desequilibrio en las cargas laborales, realizando las operaciones con mayor facilidad, rapidez y menor costo. El presente trabajo busca aplicar dicha metodología para optimizar el mantenimiento de material rodante que circula en línea 2 de Metro Santiago. Para esta línea, Alstom Chile S.A está a cargo del mantenimiento de once trenes, ubicados en Talleres Lo Ovalle comuna de San Miguel.

El estudio de este trabajo de título se centró en uno de los dieciséis mantenimientos preventivos desarrollados en Alstom Chile. Se optó por intervenir el mantenimiento Inspección de seguridad (IS) realizado cada 10.000 [Km]. La elección de este mantenimiento se debe a que es el de mayor frecuencia, abarcando aproximadamente el 60% de todos los mantenimientos que se realizan durante un año.

Se recopiló información del estado actual del taller respecto al trabajo de mantenimiento, mediante visitas presenciales, entrevistas a gerencia y encuestas realizadas a los técnicos que trabajan allí. Con la información recopilada y posteriormente analizada, se encontraron falencias en los procesos del mantenimiento. Dentro de las falencias principales, se encuentran: procesos innecesarios, excesos de desplazamientos y problemas con distribución de cargas de trabajo. Además se desconocía las Horas Hombres necesarias para completar este tipo de mantenimiento, existiendo poca claridad de cuántos técnicos se requieren para dicha labor.

Fruto de ello, se estableció un *Plan de Acción* en donde se decidió generar una propuesta de valor al mantenimiento, con meta en determinar la duración y HH involucradas en mantenimiento Inspección de Seguridad (IS), la estandarización de

los tiempos de las tareas, optimización de desplazamientos, distribución de cargas de trabajo y un nuevo orden de secuencia para las actividades.

Mediante visitas presenciales en donde se documentó el mantenimiento y con la utilización de herramienta de *lean Manufacturing* SMED, se logró medir los tiempos de cada tarea que compone al mantenimiento preventivo de Inspección de Seguridad. Se determinó que la duración de HH promedio bajo las condiciones actuales corresponde a 34 ± 7 HH. Además se dio cuenta que en la fase de industrialización en que se encuentra el Taller Lo Ovalle, la incidencia en la duración y calidad del mantenimiento no pasa por la cantidad de técnicos, los cambios correctivos, o el número de coches que pueda traer un tren.

Mediante la herramienta de *estandarización* se logró reordenar las actividades, distribuir las cargas laborales equilibradamente, crear nuevas secuencias de trabajo y proponer mejorar las actividades que así lo requerían, gestando una propuesta de valor que espera alcanzar una reducción en un 20% en las HH llegando a : 27 HH ± 3 HH.

Dicha reducción de un 20% supone un ahorro de 104 jornadas laborales anuales, quedando demostrado que mediante esta herramienta puede elevar de forma importante la productividad, calidad del mantenimiento y disminuir costos, siendo provechoso tanto para la imagen de la compañía como para la percepción del cliente.

ABSTRACT

The standardization process is a continuous improvement tool that aims to support companies to generate a working method whereby the change, waste and imbalance is eliminated from the workload, making operations easier, faster and with fewer cost. This paper seeks to apply this methodology to optimize maintenance of rolling stock running on line 2 of Metro Santiago. For this line, Alstom Chile S.A is in charge of maintenance eleven trains, located in *Lo Ovalle* workshop, municipality of San Miguel.

The study title of this work focused on one of the sixteen developed preventive maintenance in Alstom Chile. It was decided to intervene safety inspection (IS) maintenance performed every 10,000 [Km]. The choice of this maintenance is because it is the most frequent, covering approximately 60% of all maintenance performed during a year.

Current status information of *Lo Ovalle* workshop regarding the maintenance work was collected through site visits, interviews and surveys provided to the technicians working there. With the information collected and subsequently analyzed, deficiencies in maintenance processes were found. Among the main shortcomings are: unnecessary processes, excessive movement and problems with distribution of workloads. Furthermore, the Man Hours necessary to complete this type of maintenance is unknown, and there is unclear how many technicians are required for this work.

As result of this, an action plan was established which seek create a value proposal to maintenance, with goal to determine the duration and MH involved in maintenance Safety Inspection (IS), standardization of time tasks, optimization displacement, workload distribution and a new order of sequence for activities. Through site visits where the maintenance was documented and the use of SMED lean manufacturing tool, it was possible to measure the times of each task that makes

preventative maintenance Safety Inspection. It was determined that the average duration of MH under current conditions corresponds to 34 ± 7 MH. In addition it is shown that the phase of industrialization which is the Workshop Lo Ovalle, the impact on the duration and quality of maintenance bypasses the number of technicians, corrective changes, or the number of cars that can bring a train.

Using the tool "standardization" was achieved manage activities, distribute workloads evenly, creating new work sequences and propose improves to activities that require it, giving as a result a value proposal that hopes to achieve a reduction by 20% in MH coming to: 27 ± 3 MH.

This reduction of 20% implies a saving of 104 annual working shifts, being shown that using this tool can rise significantly the productivity, quality of service and reduce costs, remain profitable for the company and improving the perception of the customer.

GLOSARIO

5S: denominado por la primera letra del nombre que en japonés designa cada una de sus cinco etapas. Es una herramienta lean que busca el orden y la estandarización de la organización buscando la maximización de productividad. Sus fases son Clasificar (Seiri), Ordenar (Seiton), Limpiar (Seiso), Estandarizar (Seiketsu) y Controlar (Shitsuke).

Cadena de valor: Secuencia de actividades por medio de las cuales, se le agrega valor a los productos o servicios producidos por una empresa y esta es percibida por el consumidor final. Una cadena de valor lean busca aprovechar las capacidades internas de la organización.

Cambio correctivo: Corresponde al reemplazo de un elemento después de una avería para reponer el funcionamiento de este y/o reparar el elemento con problema.

Diagrama Espagueti: Diagrama que muestra el flujo y movimiento de materiales o personas, en un lugar determinado.

Estandarización: Herramienta *lean*, que consiste en descripciones escritas y gráficas que ayudan a comprender las técnicas más fiables y eficaces de una fábrica. Además provee de los conocimientos precisos sobre personas, máquinas, materiales, métodos, mediciones, e información con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable seguro, barato y en un menor tiempo.

Hoja de operación estándar: Herramienta *lean*, que consiste en una lista detallada de todos los componentes relacionados con un proceso en particular. Esta proporciona un tiempo estimado de duración para completar la tarea e información respecto a diversos elementos como especificaciones de diseño, fabricación y distribución. Tiene por objetivo mejorar el proceso en su conjunto a través de la estandarización.

Inspección de Seguridad (IS): Mantenimiento preventivo realizado cada 10.000 [Km] a los trenes NS04. Comprende aproximadamente el 60% de todos los mantenimientos que se realizan durante un año.

Lead time: En manufactura es el tiempo que transcurre desde que se inicia un proceso de producción hasta que se completa. En mantenimiento es el tiempo que transcurre desde que se inicia una actividad de mantenimiento hasta que se completa.

Machina: Herramienta diseñada en función de la necesidad y características particulares de alguna actividad.

Mantenimiento Correctivo: Conjunto de intervenciones realizadas después de una avería para reponer un tren en servicio y cambiar o reparar el elemento con problema.

Mantenimiento Preventivo: Conjunto de intervenciones sobre el tren que se realizan a kilometrajes predefinidos. El mantenimiento preventivo busca evitar o disminuir las fallas, mediante la sucesión de actividades de verificación, de limpieza, y de reemplazo.

Mudas o siete desperdicios: Palabra japonesa que significa "desperdicio." Se refiere a cualquier actividad que consume recursos pero que no crea valor: Procesos, Materiales/Inventario, Esperas, Desplazamientos, Transporte, Defectos o reprocesos y sobreproducción.

Lean Manufacturing: Producción ajustada. Modelo de gestión enfocado a la creación de flujo para poder entregar el máximo valor para los clientes, utilizando para ello los mínimos recursos necesarios.

Six sigma: Metodología centrada en la reducción de la variabilidad de los procesos. Busca reducir o eliminar los **defectos** o fallos en la entrega de un producto o servicio al cliente.

Tren NS04: Sigla que significa Neumático Santiago 2004. Corresponde a once trenes Alstom que dentro de sus características principales está poseer ruedas de caucho. Su contrato de fabricación fue iniciado en el año 2004 y actualmente circulan por línea 2 de Metro Santiago.

Contenido

Capítulo 1: Definición de la memoria 1

I. Introducción 2

II. Alcance 3

III. Problemática 4

IV. Objetivos 5

1. Generales 5

2. Específicos 5

Capítulo 2: Antecedentes generales 6

2.1 La empresa 7

2.1.1 Antecedentes Generales 7

2.1.2 Alstom Transport en Chile 10

2.2 Trenes Alstom en Metro Santiago 12

2.2.1 Nomenclatura 12

2.2.2 Neumático Santiago 1974 o NS-74 12

2.2.3 Neumático Santiago 1993 o NS-93 13

2.2.4 Acero Santiago 2002 o AS-02 13

2.2.5 Neumático Santiago 2004 o NS-04 13

2.3 Otros trenes Alstom 14

2.3.1 X'Trapolis 100 Merval 14

2.3.2 X'Trapolis Modular Rancagua Xpress, Nos Xpress y Merval 14

2.4 Talleres de mantenimiento Alstom 14

2.4.1 Taller Puente Alto 14

2.4.2 Taller Lo Ovalle 15

2.4.3 Taller Limache 15

2.4.4 Maestranza San Eugenio 15

2.5 Organigrama en lugar de operaciones 16

Capítulo 3: Marco Teórico 17

3.1 Lean Manufacturing. 18

3.1.1 Historia 18
3.1.2 Desperdicios o Mudas 19
3.1.3 Principios de Lean Manufacturing 20
3.1.3.1 Definir el Valor 20
3.1.3.2 Identificar el flujo de valor 21
3.1.3.3 Flujo continuo 21
3.1.3.4 Sistema “Pull” 22
3.1.3.5 Perfeccionamiento 22
3.2 Herramientas de Lean Manufacturing 23
3.2.1 Estandarización 23
3.2.2 SMED 24
3.2.3 Diagrama Pareto 25
Capítulo 4: Caso aplicado. Taller Lo Ovalle 27
4.1 Personal en operaciones 28
4.2 Trenes NS04 29
4.2.1 Generalidades 29
4.2.2 Contrato de venta y mantenimiento 29
4.2.3 Configuración de trenes 30
4.2.4 Largo del tren NS04 31
4.2.5 Otros elementos NS04 31
4.3 El mantenimiento 32
Capítulo 5: Estado actual 35
5.1 Medición y detección de problemas 36
5.2 Visualización y análisis de procesos de mantenimiento 36
5.3 Encuesta 41
5.3.1 Objetivos 42
5.3.2 Validación de encuesta 42
5.3.3 Evaluación de resultados 43
5.3.4 Ítem I: Área de trabajo 44
5.3.4.1 Procedimientos 44

5.3.4.2 Herramientas 49
5.3.4.3 Instrumentos 53
5.3.4.4 Condiciones ambientales y entorno 56
5.3.4.5 Sistema de marcaje 57
5.3.5 Ítem II: Clima organizacional 59
5.3.5.1 Cohesión 60
5.3.5.2 Presión Laboral 63
5.3.5.3 Satisfacción – Motivación y Adhesión 66
5.3.5.4 Carga de trabajo 68
5.3.5.5 Capacitación, Desarrollo y Visión administración superior 73
5.4 Conclusiones de la encuesta 75
5.5 Jerarquización de brechas y hallazgos. 78
5.6 Recepción de resultados de encuesta en la empresa 81
Capítulo 6: Tiempos y procesos en Taller Lo Ovalle 83
6.1 Objetivos 85
6.2 Recopilación de información 85
6.3 Distribución del trabajo por parte de los técnicos en IS Taller Lo Ovalle 86
6.4 Distribución del trabajo con 6 personas; 1 supervisor 88
6.5 Distribución del trabajo con 5 personas; 1 supervisor 90
6.6 Jornada Laboral en Taller Lo Ovalle 91
6.7 Ausentismo de técnicos durante las mediciones realizadas 91
6.8 Análisis de tiempo de mantenimiento 92
6.8.1 Tiempos Generales 96
6.8.1.1 Tiempo nominal de disponibilidad del tren 96
6.8.1.2 Tiempo productivo de los técnicos 96
6.8.1.3 Tiempo real de disponibilidad del tren. 97
6.8.2 Horas Hombre de mantenimiento según fichas de trabajo 98
6.8.2.1 IS visión general, en HH. 98
6.8.2.2 Cambios correctivos de IS, en HH 102
6.8.2.3 Número de coches mantenidos, en HH 107

6.8.3 Tiempos de mantenimiento según fichas de trabajo 110
6.8.3.1 Tiempos de mantenimiento de IS, visión general..... 110
6.8.3.2 Tiempos de mantenimiento en función de la cantidad de técnicos..... 114
6.8.3.3 Tiempo actual de mantenimiento, según las mediciones realizadas 117
6.9 Conclusiones 121
Capítulo 7: Forma de trabajo y propuesta de valor 128
7.1 Grupo 0: Pruebas de entrada..... 129
7.1.1 Listado de actividades realizadas:..... 130
7.1.2 Descripción de la forma actual de realizar la tarea 132
7.1.3 Cantidad de personas y tiempos promedios de duración 133
7.1.4 Cambios correctivos..... 134
7.1.5 Conclusiones 135
7.1.6 Propuesta de valor 135
7.1.6.1 Tiempo y cantidad de personas 136
7.1.6.2 Distribución y desplazamiento..... 136
7.1.6.3 Listado de actividades involucradas 137
7.1.6.4 Cambios correctivos..... 139
7.2 Grupo 1: Bajo bastidor..... 140
7.2.1 Listado de actividades realizadas..... 140
7.2.2 Descripción de la forma actual de realizar la tarea 141
7.2.2.1 Frotadores negativos/ Motor compresor/ Visuales bajo bastidor 142
7.2.2.2 Exudaciones 143
7.2.2.3 Semibarra..... 144
7.2.3 Cantidad de personas y tiempos promedios de duración 145
7.2.3.1 Frotadores Negativos/ Motor compresor/ Visuales 145
7.2.3.2 Exudaciones 146
7.2.3.3 Semibarra..... 146
7.2.4 Cambios correctivos..... 150
7.2.5 Conclusiones 150
7.2.6 Propuesta de valor 151

7.2.6.1 Frotadores negativos/compresor/visuales + Exudaciones 151
7.2.6.2 Engrase y limpieza Semibarra 154
7.2.6.3 Cambios correctivos 156
7.3 Grupo 2: Bastidor lateral / Bajo bastidor foso 157
7.3.1 Listado de actividades realizadas 157
7.3.2 Descripción de la forma actual de realizar la tarea 158
7.3.2.1 Frotadores positivos/Zapatas/Amortiguadores verticales 159
7.3.2.2 Limpieza frotador positivo 159
7.3.2.3 Puentes motores 160
7.3.3 Cantidad de personas y tiempos promedios de duración 161
7.3.3.1 Frot Pos./Zapatas/Amort. Vert. 161
7.3.3.2 Limpieza frotador positivo 162
7.3.3.3 Puentes motores 163
7.3.4 Cambios correctivos 164
7.3.5 Conclusiones 164
7.3.6 Propuesta de valor 166
7.3.6.1 Quita obstáculo + Frotador positivo / Zapata / Amortiguador verticales + Desmontar tapa neumáticos 166
7.3.6.2 Frotador positivo: Limpieza 170
7.3.6.3 Puentes motores 172
7.3.6.4 Cambios correctivos: 174
7.4 Grupo 3: Neumáticos 175
7.4.1 Listado de actividades realizadas. 175
7.4.2 Descripción de la forma actual de realizar la tarea 176
7.4.2.1 Control y corrección de presión neumático 176
7.4.3 Cantidad de personas y tiempos promedios de duración 178
7.4.3.1 Desmontaje tapa válvula neumático 178
7.4.3.2 Control y corrección presión 179
7.4.3.3 Poner tapa válvula neumático 180
7.4.4 Cambios correctivos 181
7.4.5 Conclusiones 181

7.4.6 Propuesta de valor 183
7.4.6.1 Desmontar tapa válvula neumático 183
7.4.6.2 Control y corrección de presiones 184
7.4.6.3 Poner tapa válvula neumático 186
7.4.6.4 Cambios correctivos 187
7.5 Grupo 4: Interior Coche / Bastidor lateral 188
7.5.1 Listado de actividades realizadas 188
7.5.2 Descripción de la forma actual de realizar la tarea 188
7.5.2.1 Control Quita obstáculo 189
7.5.2.2 Limpieza y armado tapas ventilación y gangway 190
7.5.2.3 Aspirado unidades CVS 190
7.5.2.4 Caja fusible: Medición estado de caja 190
7.5.3 Cantidad de personas y tiempos promedios de duración 191
7.5.3.1 Desmontar tapas de conjunto ventilación y tapas resorte gangway 192
7.5.3.2 Limpieza y armado de tapas ventilación y gangway 193
7.5.3.3 Aspirado de unidades CVS 194
7.5.3.4 Caja fusible: medición estado de caja 195
7.5.4 Cambios correctivos 196
7.5.5 Conclusiones 196
7.5.6 Propuesta de valor 197
7.5.6.1 Caja fusible: Medición estado de caja fusible 198
7.5.6.2 Desmontar tapas de conjunto ventilación y tapas resorte y gangway 199
7.5.6.3 Limpieza y armado tapas de ventilación y gangway 201
7.5.6.4 Aspirado unidades CVS 204
7.5.6.5 Cambios correctivos 205
7.6 Grupo 5: Pruebas de salida 206
7.6.1 Listado de actividades realizadas 206
7.6.2 Descripción de la forma actual de realizar la tarea 207
7.6.3 Cantidad de personas y tiempos promedios de duración 208
7.6.4 Cambios correctivos 208

7.6.5 Conclusiones 209
7.6.6 Propuesta de valor 209
7.6.6.1 Pruebas de salida 209
7.6.6.2 Cambios correctivos 212
7.7 Conclusiones propuestas de valor 213
IV. CONCLUSIONES 220
1. Alcance económico 221
2. Alcances en la aplicación 221
V. BIBLIOGRAFÍA 225
VI. ANEXOS 227

Listado de Tablas

Tabla 1. Horario turnos mantenimiento correctivo y preventivo Taller Lo Ovalle 28
Tabla 2. Cantidad de técnicos en mantenimiento preventivo y correctivo Taller Lo Ovalle .. 28
Tabla 3. Función y cantidad de elementos relevantes del tren en mantenimiento de IS 32
Tabla 4. Secuencia mantenimiento tren NS04..... 33
Tabla 5. Problemas, descripción y tipos de desperdicios 37
Tabla 6. Evaluación de resultados encuesta 43
Tabla 7. Preguntas peor evaluadas en Procedimientos..... 45
Tabla 8. Preguntas mejor evaluadas en Procedimientos..... 47
Tabla 9. Preguntas peor evaluadas en Herramientas 50
Tabla 10. Preguntas mejor evaluadas en Herramientas 52
Tabla 11. Preguntas peor evaluadas Instrumentos 54
Tabla 12. Tabla comparativa preguntas peor evaluadas Herramientas vs Instrumentos 55
Tabla 13. Preguntas mejor evaluadas Instrumentos 56
Tabla 14. Preguntas mejor evaluadas Sistema de marcaje 58
Tabla 15. Preguntas orden creciente en Cohesión 61
Tabla 16. Puntuación creciente Presión Laboral..... 63
Tabla 17. Puntuación Creciente Información que recibo en mi trabajo..... 69
Tabla 18. Puntuación creciente Equipo de trabajo..... 71
Tabla 19. Puntuación trabajo final 73
Tabla 20. Subítems peor evaluados en II) Clima organizacional..... 73
Tabla 21. Tabla de hallazgos y acciones correctivas sugeridas..... 75
Tabla 22. Brechas y hallazgos fruto de la encuesta en función del tipo de desperdicio 78
Tabla 23. Ejemplo distribución del trabajo en grupos 86
Tabla 24. Ausentismo técnicos en visitas realizadas..... 91
Tabla 25. Desviaciones estándar de Tiempos de MTTO vs Personas 112
Tabla 26. Tiempos y HH para 7 técnicos 115
Tabla 27. Desviación estándar y tiempo estimado para 7 técnicos..... 115
Tabla 28. Tiempos y HH para 6 técnicos 116
Tabla 29. Desviación estándar y tiempo estimado para 6 técnicos..... 116
Tabla 30. Tiempos y HH para 5 técnicos 117
Tabla 31. Desviación estándar y tiempo estimado para 5 técnicos..... 117
Tabla 32. Tiempos de duración y cantidad de personas que participan en actividad pruebas de salida 117
Tabla 33. Tiempos de mantenimiento según cantidad de personas 124
Tabla 34. Listado de actividades pruebas de entrada..... 130
Tabla 35. Condiciones fijas y variables en pruebas de entrada 132
Tabla 36. Tabla de asistencia a pruebas de entradas, sin considerar supervisor 134
Tabla 37. Secuencia de actividades propuesta de valor prueba de entrada 135
Tabla 38. Tiempo y cantidad de personas Actual vs Propuesta de valor..... 136

Tabla 39. Listado de actividades pruebas de entrada..... 137
Tabla 40. Listado de actividad vandalismo 138
Tabla 41. Listado actividades Iluminación cabina salón 139
Tabla 42. Cambios correctivos frecuentes en pruebas de entrada 139
Tabla 43. Listado de actividades grupo 1 bajo bastidor..... 140
Tabla 44. Listado actividades Frotador negativo 142
Tabla 45. Listado actividades Motor compresor 142
Tabla 46. Listado actividad Visuales bajo bastidor 143
Tabla 47. Listado actividades exudaciones 143
Tabla 48. Listado de actividades Semibarra..... 144
Tabla 49. Condiciones fijas y variables en grupo 1 144
Tabla 50. Tiempo de cambio elementos correctivos frecuentes, en grupo 1 150
Tabla 51. Conjunto de actividades grupo 1, ordenadas en forma decreciente de tiempo .. 150
Tabla 52. Secuencia de actividades propuesta de valor grupo 1..... 151
Tabla 53. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor..... 151
Tabla 54. Actividades Frotadores negativos/ Compresor/ Visuales + Exudaciones 153
Tabla 55. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor..... 154
Tabla 56. Listado de actividades Engrase y limpieza Semibarra..... 155
Tabla 57.Tiempo de cambio elementos correctivos estandarizados, grupo 1 156
Tabla 58. Listado de actividades grupo 2..... 157
Tabla 59. Listado de actividades Frotadores positivos/ Zapatas/ Amortiguadores verticales 159
Tabla 60. Listado de actividades limpieza frotador positivo..... 159
Tabla 61. Listado de actividades puente motores 160
Tabla 62. Condiciones fijas y variables en grupo 2 160
Tabla 63. Tiempo de cambio elementos correctivos frecuentes, en grupo 2. 164
Tabla 64. Conjunto de actividades grupo 2, ordenadas en forma decreciente de tiempo .. 164
Tabla 65. Secuencia de actividades propuesta de valor grupo 2..... 166
Tabla 66. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor..... 166
Tabla 67. Listado de actividades Quita obstáculo + Frot.Pos/ Zapatas/ Amort. Vertical + Desmontar tapa válvula neumáticos 169
Tabla 68. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor..... 170
Tabla 69. Listado de actividades realizada Limpieza frotador positivo 171
Tabla 70. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor..... 172
Tabla 71. Listado de actividades realizadas Puente motor..... 173
Tabla 72. Tiempo de cambio elementos correctivos estandarizados, grupo 2 174
Tabla 73. Listado de actividades realizadas grupo 3..... 175
Tabla 74. Listado de actividades control y corrección de presión neumático..... 177
Tabla 75. Condiciones fijas y variables en grupo 3 177

Tabla 76. Conjunto de actividades grupo 3, ordenadas en forma decreciente de duración. 181
Tabla 77. Secuencia de actividades propuesta de valor grupo 3 183
Tabla 78. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor Desmontar tapa neumáticos 183
Tabla 79. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor 184
Tabla 80. Listado de actividades controlar y corregir presiones 185
Tabla 81. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor en Poner tapa válvula neumáticos 186
Tabla 82. Listado de actividades realizadas en grupo 4 188
Tabla 83. Listado de actividades control quita obstáculo 189
Tabla 84. Listado de actividades limpieza y armado tapas ventilación y gangway 190
Tabla 85. Listado de actividades Aspirado unidades CVS 190
Tabla 86. Listado de actividades medición estado de caja 190
Tabla 87. Condiciones fijas y variables en grupo 4 191
Tabla 88. Tiempo de cambio elementos correctivos frecuente, en grupo 4 196
Tabla 89. Conjunto de actividades grupo 4, ordenadas en forma decreciente de duración 196
Tabla 90. Secuencia de actividades propuesta de valor grupo 4 197
Tabla 91. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor medición estado caja fusible 198
Tabla 92. Listado de actividades Caja fusible: Medición estado caja fusible 199
Tabla 93. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor desmontar tapas conjunto ventilación y tapas resorte y gangway 199
Tabla 94. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor limpieza y armado tapas de ventilación y gangway 201
Tabla 95. Listado actividades limpieza y armado tapas ventilación y gangway 203
Tabla 96. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor aspirado unidades CVS 204
Tabla 97. Listado de actividades aspirado unidades CVS 205
Tabla 98. Propuesta de valor: Cambios correctivos frecuente estandarizados grupo 4 205
Tabla 99. Listado de actividades grupo 5 pruebas de salida 206
Tabla 100. Condiciones fijas y variables grupo 5 207
Tabla 101. Secuencia de actividades propuesta de valor grupo 5 209
Tabla 102. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor pruebas de salida209
Tabla 103. Listado de actividades propuesta de valor prueba de salida 211
Tabla 104. Propuesta de valor: Distribución de grupos de trabajo 214
Tabla 105. Distribución de HH fruto de la propuesta de valor para mantenimientos IS 216
Tabla 106. Puntuación creciente preguntas evaluadas ítems I) Área de trabajo 227
Tabla 107. Puntuación creciente preguntas evaluadas ítem II) Clima organizacional 228
Tabla 108. Plan de acción generado desde la encuesta realizada 230

Listado de ilustraciones

Ilustración 1. Participación de diversas empresas en mercado ferroviario 8
Ilustración 2. Distribución de empleados en el mundo según división de la compañía 9
Ilustración 3. Ingresos por venta período 2013 - 2014 9
Ilustración 4. Distribución de coches en Metro Santiago 10
Ilustración 5. Organigrama departamento operaciones 16
Ilustración 6. Línea 2 Metro Santiago 29
Ilustración 7. Distribución tren con 7 y 8 coches 31
Ilustración 8. Largo de tren 8 coches 31
Ilustración 9. Distribución de mantenimientos durante año 2015 34
Ilustración 10. Diagrama Pareto en función de desperdicios observados 39
Ilustración 11. Diagrama radar Ítem I: Área de trabajo 44
Ilustración 12. Diagrama radar Procedimientos 45
Ilustración 13. Distribución de opiniones pregunta 1. 47
Ilustración 14. Diagrama de radar para Herramientas 50
Ilustración 15. Diagrama radar de Instrumentos 54
Ilustración 16. Diagrama radar condiciones ambientales y entorno 57
Ilustración 17. Diagrama radar sistema de marcaje 58
Ilustración 18. Diagrama radar Clima Organizacional 59
Ilustración 19. Diagrama radar Cohesión 60
Ilustración 20. Distribución pregunta 8 62
Ilustración 21. Diagrama radar Presión Laboral 63
Ilustración 22. Distribución pregunta 1 64
Ilustración 23. Distribución pregunta 3 65
Ilustración 24. Distribución pregunta 2 66
Ilustración 25. Diagrama radar Satisfacción – Motivación 67
Ilustración 26. Diagrama radar Adhesión 68
Ilustración 27. Diagrama radar Carga de trabajo 69
Ilustración 28. Diagrama radar Capacitación 74
Ilustración 29. Diagrama radar Desarrollo 74
Ilustración 30. Diagrama radar Visión administración superior 75
Ilustración 31. Diagrama Pareto en función de desperdicios encontrados en encuesta 80
Ilustración 32. Distribución cantidad de trabajadores en 56 IS medidas 93
Ilustración 33. Distribución de cambios correctivos en 55 IS medidas 94
Ilustración 34. Cantidad de coches mantenidos en 55 IS estudiadas 95
Ilustración 35. HH trabajadas en 55 mantenimientos de IS estudiados 99
Ilustración 36. HH trabajadas en IS con cotas σ, 2 σ, 3 σ 101
Ilustración 37. HH de cambios correctivos en mantenimiento de IS 103
Ilustración 38. Influencia de cambios correctivos en HH de IS 106
Ilustración 39. Comparativa HH entre trenes 7 y 8 coches 108

Ilustración 40. Gráfico de dispersión, comparativa HH entre 7 y 8 coches 109
Ilustración 41. Tiempos de trabajo IS vs Personas..... 111
Ilustración 42. Tiempos de trabajos vs Personas con cotas mínimas, máximas y tiempo máx. disponibles. 113
Ilustración 43. Tiempo de MTTO en función 7 personas 114
Ilustración 44. Tiempo de MTTO en función 6 personas 115
Ilustración 45. Tiempos de MTTO en función 5 personas 116
Ilustración 46. Tiempo vs Personas con y sin pruebas de salidas..... 118
Ilustración 47. Tiempos vs Personas con y sin pruebas de salidas 119
Ilustración 48. HH de mantenimiento..... 126
Ilustración 49. Tiempo de mantenimiento 127
Ilustración 50. Gráfico Cantidad personas vs Tiempo en pruebas de entradas 133
Ilustración 51. Distribución y desplazamiento para pruebas de entrada 136
Ilustración 52. Secuencia de trabajo, grupo 1 141
Ilustración 53. Tiempo vs Personas para frotadores negativos/ Motor compresor/ Visuales 145
Ilustración 54. Tiempo vs personas para exudaciones 146
Ilustración 55. Acople semipermanente..... 147
Ilustración 56. Tiempo vs personas limpieza Semibarra..... 148
Ilustración 57. Tiempo vs Personas engrase Semibarra 149
Ilustración 58. Desplazamientos para Frot neg./Comp/Vis + Exudaciones 152
Ilustración 59. Desplazamientos para Engrase + Limpieza Semibarra..... 155
Ilustración 60. Secuencia cronológica de trabajo, grupo 2..... 158
Ilustración 61. Tiempo vs Personas Frotador positivo/ Zapatas/ Amortiguador vertical..... 161
Ilustración 62. Tiempo vs Personas para limpieza frotador positivo..... 162
Ilustración 63. Tiempo vs Personas puentes motores: quitar tapas + relleno + limpieza 163
Ilustración 64. Desplazamiento para Frot. Pos/ Zapatas/ Amor. Vertical + Desmontar tapa neumáticos..... 168
Ilustración 65. Limpieza frotador positivo 171
Ilustración 66. Puente motor: Quitar tapas + Limpieza 173
Ilustración 67. Secuencia de trabajo grupo 3 176
Ilustración 68. Tiempo vs personas en desmontar tapa válvula neumáticos..... 178
Ilustración 69. Tiempo vs Personas en control y corrección de presiones..... 179
Ilustración 70. Tiempo vs Personas poner tapa válvula neumático 180
Ilustración 71. Distribución Control y corrección de presiones..... 185
Ilustración 72. Distribución poner tapa válvula neumático..... 187
Ilustración 73. Secuencia de trabajo grupo 4 189
Ilustración 74. Tiempo vs personas en desmontaje ventilación y gangway..... 192
Ilustración 75. Tiempo vs personas para limpieza motor ventilación y gangway 193
Ilustración 76. Tiempo vs personas aspirado CVS 194

Ilustración 77. Tiempo vs Personas para medición estado caja fusible..... 195
Ilustración 78. Distribución y desplazamiento medición caja fusible..... 199
Ilustración 79. Distribución y desplazamiento desmontar tapas de ventilación y tapas resorte y gangway 200
Ilustración 80. Distribución y desplazamiento para limpieza y armado tapas ventilación y gangway 203
Ilustración 81. Distribución y desplazamiento aspirado unidades CVS 204
Ilustración 82. Personas vs tiempos en pruebas de salida 208
Ilustración 83. Distribución y desplazamiento pruebas de salida..... 210
Ilustración 84. Simulación de trabajo según propuesta de valor 218
Ilustración 85. Horas hombres propuesta de valor vs situación actual..... 221

Capítulo 1: Definición de la memoria

I. Introducción

Hoy en día, empresas de todos los tamaños deben ir mejorando continuamente para conseguir ser más competitivos, otorgar mejores servicios y perdurar en el mercado a través del tiempo. Una forma para facilitar lograr dicho objetivo es a través de realizar un análisis de los procesos productivos, buscar opciones de mejoras y finalmente generar una propuesta de valor, de modo que se traduzca en una reducción de costos.

Es así como existen diversas teorías que han ido mejorando y evolucionando a través del tiempo para facilitar dichos procesos de mejora. Desde ideas iniciales en la primera mitad del siglo XX, como son el diseño de la primera línea de montaje por Henry Ford o los ciclos *PDCA* "plan-do-check-act" (planificar-hacer-verificar-actuar) de Edwards Deming, pasando por Taiichi Ohno y su definición de los siete tipos de desperdicios o "muda", hasta llegar a metodologías más modernas como son lo son "Six Sigma" y "Lean Manufacturing" [1].

Esta última metodología que surge en Japón tras la segunda guerra mundial, se basa en eliminar las acciones y procesos que no entregan valor agregado para el cliente y que no son necesarias para el proceso productivo, acciones o procesos que también se le conoce como "desperdicios". Así mismo busca la estandarización de los procedimientos y mantener áreas de trabajo limpias, ordenadas y con estándares altos para la seguridad de los trabajadores.

Si bien es cierto, todas estas herramientas han sido diseñadas para industrias manufactureras, existe una necesidad y además posibilidad de adoptarlas a otro tipo de empresas, debido a sus bajos costos de implementación y resultados visibles en corto y medianos plazos.

Alstom Chile S.A ubicada en la Región Metropolitana [2], presta servicios a Metro Santiago tanto por la venta de trenes como por el mantenimiento preventivo y correctivo de estos. Actualmente la flota operante se encuentra distribuida en las líneas 1, 2, 4 y 5 de la red de Metro Santiago, realizándose las tareas de

mantenimiento en diversos talleres. Así mismo la compañía presta servicios a Metro Valparaíso (MERVAL) y a la Empresa de Ferrocarriles del Estado (EFE), realizándose el mantenimiento en los talleres de Limache y San Eugenio respectivamente.

La presente memoria centra su investigación y aplicación de la herramienta de estandarización que se encuentra dentro de la metodología *Lean Manufacturing* en Taller Lo Ovalle, lugar en donde se realizan mantenimiento de trenes que se desplazan a lo largo de la línea 2 del Metro Santiago. La elección se debe a los problemas planteados por la gerencia de Mantenimiento, en donde existe una falta de estandarización de los procesos, dificultando el mantenimiento propiamente tal, existiendo una baja productividad o problemas con los tiempo de entregas estipulados.

Se espera que este trabajo de título logre detectar los problemas que actualmente existen durante en el mantenimiento, para posteriormente generar acciones que permitan la optimización de los procesos y demostrar los beneficios de la estandarización en la industria de ferrocarriles.

II. Alcance

Los alcances de este trabajo se centran principalmente en los procesos de mantenimiento realizados en el Taller Lo Ovalle, procesos que se desempeñan para los trenes Neumáticos Santiago 2004, desde ahora NS-04.

Su carácter es exploratorio ya que buscará recopilar información, estudiar su marco teórico y definir cuales herramientas de *Lean Manufacturing* satisfacen las necesidades de mejora para el taller mencionado. Así mismo y mediante la comparación, se observará y analizará los procesos llevados a cabo en otros talleres en donde se encuentran semi-estandarizados los procesos, a saber: Taller Limache y Taller Puente Alto. Para así conocer de mejor forma algunos procesos de *Lean*

Manufacturing que han sido implementados con éxito en dichos recintos. En consecuencia y por el tipo de trabajo a desarrollar, se espera como alcance realizar hallazgos en esos talleres que permitan oportunidades de mejora además de observar conformidades y no conformidades.

Su carácter es descriptivo ya que buscará conocer las situaciones particulares que se generan en el Taller Lo Ovalle, como sus indicadores y personal que desempeña labores a modo de conocer el entorno, tener un diagnóstico para posteriormente poder aplicar la metodología señalada.

Por último su carácter también es correlacional. Se espera encontrar los factores negativos y positivos que predominan, para así buscar disminuirlos o potenciarlos según corresponda. Además se evaluará tanto la disminución de desperdicios, como el aumento de productividad.

III. Problemática

El Taller Lo Ovalle, funciona de lunes a domingo tanto de día como de noche. Allí se realizan los mantenimientos correctivos y preventivos de los trenes Alstom NS04 en diversos turnos, operando las 24 horas de lunes a viernes, y medias jornadas durante el fin de semana. Son 11 trenes los que Alstom está a cargo de mantener, equivalente a 85 coches, que operan a lo largo de la línea 2 del Metro Santiago pasando por sus 22 estaciones y 20,7 kilómetros construidos.

Actualmente existen problemas frecuentes durante el mantenimiento; es común escuchar a los operarios la falta de las herramientas necesarias para desempeñar las actividades, como también es frecuente el extravío de estas, provocando aumento de tiempos muertos, baja productividad y aumento de los costos. Las actividades de mantenimiento son realizadas por los técnicos basados en la experiencia, lo que provoca que los criterios de aceptación no sean precisos, generando excesos de desplazamientos y esperas prolongadas. Así mismo, existe la intención de estandarizar los procesos mediante las “Hojas de operación estándar”, pero estás se encuentran en desuso.

De este modo se derivan problemas directamente relacionados con esta situación, por ejemplo los operarios frecuentemente deben estar sometidos a exigencia para cumplir con los horarios de entrega. Como también hay ocasiones en que los trenes son entregados fuera del plazo estipulado contractualmente, provocando multas para la compañía.

En consecuencia, identificar correctamente los desperdicios durante todo el proceso de mantenimiento, se traduce en un aumento de la seguridad ferroviaria, un aumento en la calidad del mantenimiento, una disminución de los costos y una mejora en los tiempos de entrega, lo que se entiende por SQCD (Safety, Quality, Cost, Delivery), traduciéndose en la generación de una propuesta de valor al taller propiamente tal.

IV. Objetivos

1. Generales

Generar una propuesta de valor a un taller de mantenimiento de trenes, utilizando la herramienta de estandarización de *Lean Manufacturing* que mejor se adapten al tipo de trabajo a efectuar.

2. Específicos

Para el cumplimiento de los objetivos generales, se propone

- Detección de problemas en el proceso de mantenimiento.
- Jerarquización de problemas, analizando los de mayor criticidad.
- Utilización de la herramienta *estandarización* para la resolución de dichos problemas.
- Elaboración de una propuesta de valor que optimice los tiempos de mantenimiento, la calidad de este y disminuya los costos.

Capítulo 2: Antecedentes generales

2.1 La empresa

2.1.1 Antecedentes Generales

Alstom es una empresa multinacional francesa que desarrolla proyectos e invierte en mercados relacionados con la generación de energía y el transporte ferroviario. Posee plantas en los cinco continentes y para el período 2013-2014 cuenta con 93.000 empleados en un centenar de países [3].

La compañía internamente trabaja en tres unidades de negocios y posee 4 divisiones dentro de la misma, a saber:

- Equipamiento y servicios para generación de energía: División Alstom Thermal Power y División Alstom Renewable Power
- Equipamiento y servicios para trasmisión de energía: División Alstom Grid
- Equipamiento y servicios para transporte en rieles: Alstom Transport

Alstom Transport es la división encargada de desarrollar y comercializar una amplia gama de sistemas, equipos y servicios en el sector ferroviario. Las soluciones de la compañía incluyen material rodante, señalización, servicios e infraestructura que pueden ser ofrecidos por separados, agrupados o en soluciones integradas. Estas incluyen soluciones de información, electrificación, sistemas de comunicación, colocación de vías, servicios públicos de la estación, así como talleres y cocheras. Servicios de mantenimiento, construcción y renovación también son ofrecidos por la empresa.

Esta división corresponde a la segunda más importante en el rubro del sector ferroviario tras Bombardier, dominando aproximadamente el 12% del mercado mundial.

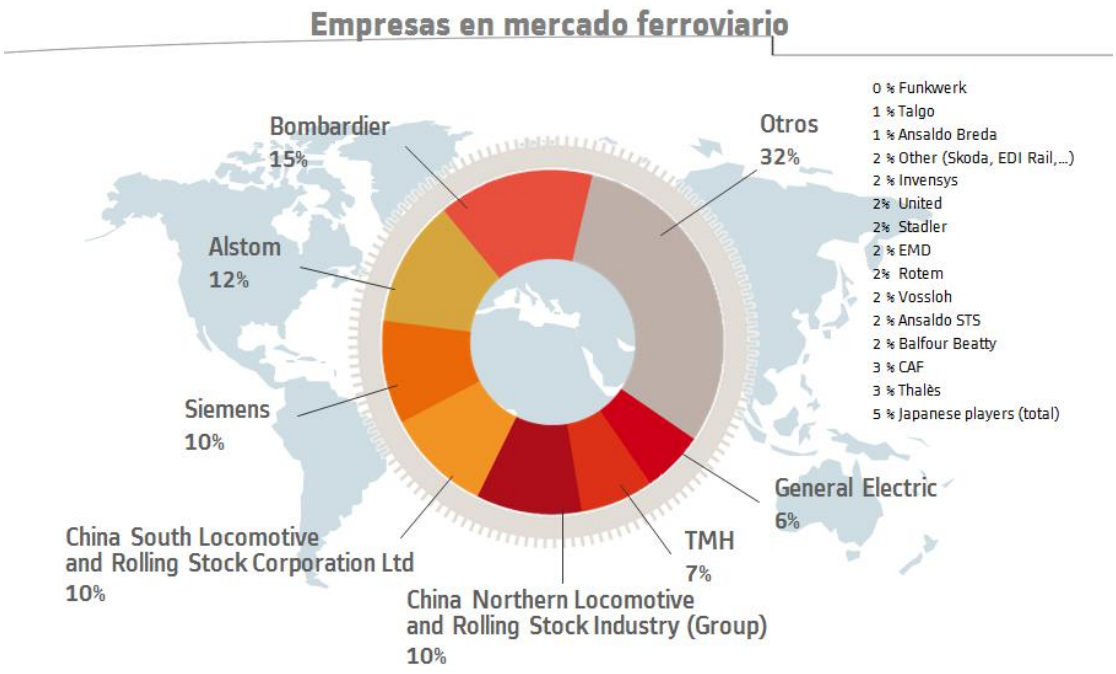

Ilustración 1. Participación de diversas empresas en mercado ferroviario

Fuente: Elaboración propia en base a presentación corporativa, Alstom, 2010

Así mismo la división Alstom Transport posee la segunda mayor cantidad de trabajadores dentro de la compañía a nivel mundial, con un 26% correspondiente a cerca de 24.000 trabajadores. La mayor concentración de estos se encuentra en Europa, seguido de Asia-Pacífico. Para el caso de América del sur corresponden al 8%, cerca de 7.000 trabajadores.

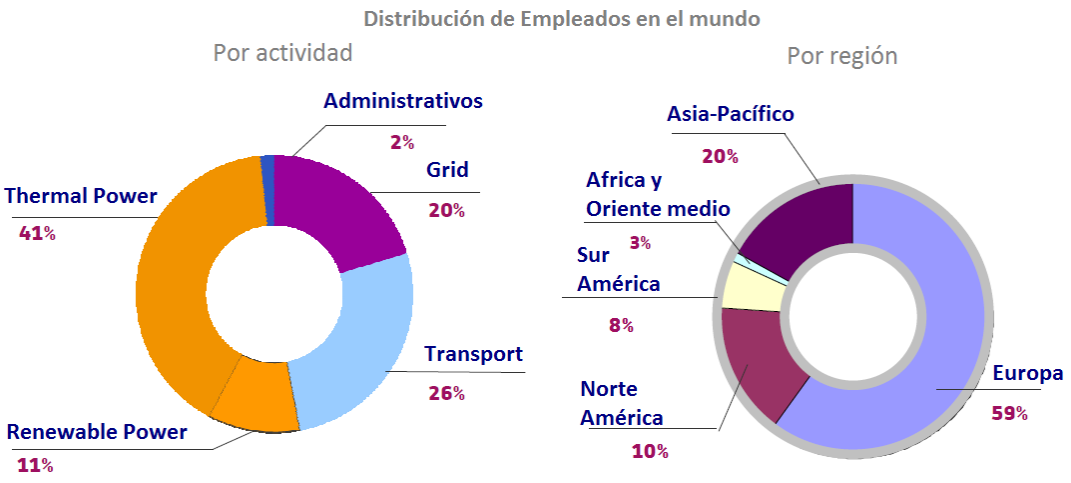

Ilustración 2. Distribución de empleados en el mundo según división de la compañía

Fuente: Elaboración propia en base a presentación corporativa, Alstom, 2011

En la *Ilustración 3* se muestra la participación de cada unidad de negocio en función de su aporte en ingresos por venta a la compañía. En el período 2013/14 se registraron ingresos por ventas sobre €20.000 millones. Alstom Transport corresponde a la división con segundo mayor ingresos con €5.900 millones.

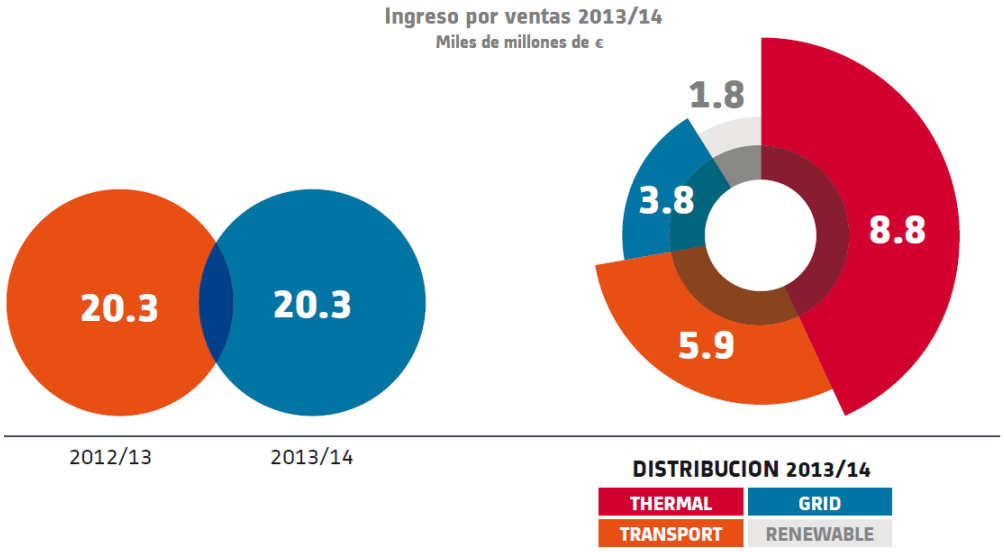

Ilustración 3. Ingresos por venta período 2013 - 2014

Fuente: Activity and sustainable development report 2013/2014, Alstom

2.1.2 Alstom Transport en Chile

Alstom Chile S.A cuenta con alrededor de 500 trabajadores en las cuatro divisiones corporativas que se desempeñan en el país, 350 de ellos correspondiente a Alstom Transport [4]. La empresa tiene por principales clientes a Metro, Merval, Colbún, Electroandina, Endesa, Codelco, Transelec entre otros.

Los trenes Alstom han funcionado en Chile desde la inauguración del Metro de Santiago en 1975, facilitando el transporte urbano en su red de 103 kilómetros de extensión, sus 108 estaciones y transportando hoy más de 1.8 millones de pasajeros por día. Del mismo modo Alstom ha sido parte desde 1999 del programa de mejora y modernización del servicio de pasajeros para el Metro Regional de Valparaíso (MERVAL) que funciona entre Valparaíso y Limache, proporcionando trenes, sistemas de control, señalización, energía, además de tener un contrato de mantenimiento de material rodante por 30 años.

Por otro lado Metro Santiago cuenta a la fecha con un total de 1055 coches operando en todas sus líneas, entendiendo como coches o carros, cada unidad que conforma un tren (existen trenes de 3, 5, 6, 7 u 8 coches). De dicha cantidad, 787 corresponden a coches Alstom, mientras que los 306 coches restantes corresponden a trenes CAF, generando una distribución como se muestra en Ilustración 4.

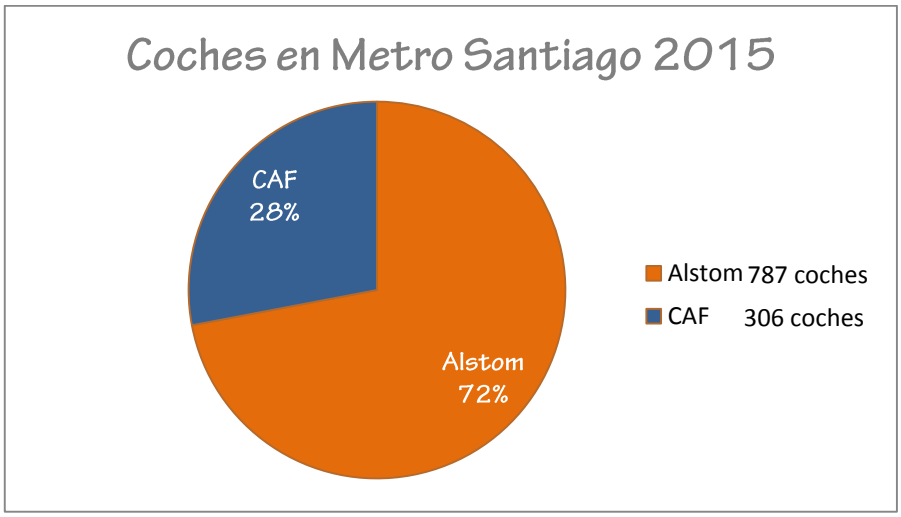

Ilustración 4. Distribución de coches en Metro Santiago

Fuente: Elaboración propia

Así mismo existe un total 54 carros en la red Metro de Valparaíso (correspondiente a la flota total de esta red), conformando trenes de 2 o 4 carros según sea la demanda.

Dentro de los proyectos actuales que desempeña Alstom Transport Chile cuentan:

- Mantenimiento trenes NS04: Servicio de mantenimiento preventivo y correctivo para material rodante Alstom operativo en línea 2
- Mantenimiento trenes AS02: Servicio de mantenimiento preventivo para material rodante Alstom operativo en línea 4 y 4A
- Mantenimiento trenes X'Trapolis 100: Servicio de mantenimiento preventivo y correctivo para material rodante operativo en MERVAL

Nuevos proyectos se van sumando a la compañía en búsqueda de ir extendiendo sus servicios dentro del país, entre los que se destacan [5]:

- Rancagua Xpress: Nuevo servicio e incorporación de trenes que comunicará Santiago con Rancagua en menor tiempo. Hoy el actual servicio de metro-tren tiene un tiempo de viaje de una hora veinte, se espera que con este nuevo servicio sea de cincuenta minutos, reduciendo en media hora el desplazamiento desde y hacia la capital. Así mismo, se incorporará en la misma red Nos Xpress, que buscará una mejor interconexión entre Santiago y Nos.

  El proyecto incluye contrato de mantenimiento de parte de Alstom por 25 años.
- Modernización NS-74: Proyecto que modernizará la flota de todos los trenes NS-74, correspondientes a 35 trenes con 245 unidades (coches) en total. El servicio busca instalar una mejor comunicación y articulación de los coches a través de Gangway (pasarela), ya que los coches actualmente no están unidos. Además se incorporará aire acondicionado, nuevas puertas de acceso, mejoras en interior y optimización en el consumo energético, mejoras que buscan entregar un mejor servicio y confort para los pasajeros.

Además se tienen proyectos en carpeta de mediano a largo plazo, como lo son:

- Mantenimiento NS-74: Como consecuencia del proyecto de modernización, se buscará obtener la licitación de mantenimiento de estos trenes. Dicho mantenimiento es realizado actualmente por Metro Santiago.

2.2 Trenes Alstom en Metro Santiago

2.2.1 Nomenclatura

Cada modelo de tren que circula en Metro Santiago recibe un nombre en función del tipo de rodado que utiliza, así NS significa Neumático Santiago, indicando que utiliza rodadura a base de neumático. Mientras que AS, significa Acero Santiago, indicando que utiliza rodadura férrea en base de acero

Por otro lado el número que acompaña la abreviatura, indica el año de contrato en que fue firmado el proyecto para la fabricación de los trenes. Así, por ejemplo, la nomenclatura NS93 indica que es un tren con rodadura de neumático y su contrato fue iniciado el año 1993.

2.2.2 Neumático Santiago 1974 o NS-74

El tren NS-74 es el primer tren Alstom que llegó a Chile [5]. Llegaron un total de 245 coches, correspondiente a 35 trenes. Dichos trenes pueden ser conformados por 5, 6 o 7 coches.

El mantenimiento hoy es realizado por Metro de Santiago, mientras que Alstom está a cargo del proyecto de modernización de estos trenes, incorporando aire acondicionado, nuevo diseño interior, circulación entre coches, nuevos motores, mejora de eficiencia energética, modernización de sistema de puertas, entre otros.

Inicialmente circularon por línea 1 de metro, pero actualmente circulan por línea 2 y 5 de metro.

2.2.3 Neumático Santiago 1993 o NS-93

El tren NS-93 corresponde al segundo tren Alstom que estuvo en Chile [5]. Su contrato incluía la orden de fabricación de 34 trenes o 236 coches y al igual que el NS-74 puede estar conformado por 5, 6 o 7 coches. Su mantenimiento hoy es realizado completamente por Metro de Santiago.

Inicialmente fueron previstos para que circularan en línea 5, pero debido a la demanda operativa iniciaron su circulación en línea 1. Actualmente funcionan en línea 1 y línea 5.

2.2.4 Acero Santiago 2002 o AS-02

Este tren corresponde al único tren con rodadura de acero que circula actualmente en metro Santiago [5]. Su contrato consistió en la fabricación de 72 trenes correspondiente a 216 coches, sin embargo la configuración de estos trenes varía, ya que se habla de unidades. Una unidad corresponde a 3 coches. Por tanto puede haber 72 trenes de 3 unidades o 36 trenes de 6 unidades. La cantidad de coches a disposición se define en función de los horarios de más alta demanda. Así en horario punta, suelen circular trenes de 2 unidades, mientras que en horario valle, circulan trenes de 1 unidad.

Debido al tipo de rodado, solo han circulado en línea 4 y 4A.

2.2.5 Neumático Santiago 2004 o NS-04

Siendo el cuarto y más reciente tren Alstom que opera en Metro de Santiago, su contrato consistió en la fabricación 11 trenes correspondientes a 85 coches [5].

La configuración de estos trenes puede ser de 7 u 8 coches y su diseño está basado en las características motrices del NS-93 y la carrocería del AS-02.

Inicialmente fueron ideados como apoyo de operaciones para la línea 1, sin embargo en abril del 2013 pasaron a línea 2, en donde operan actualmente.

2.3 Otros trenes Alstom

2.3.1 X'Trapolis 100 Merval

Este tren tiene rueda de acero y es el que circula actualmente en Metro de Valparaíso. El contrato se firmó el año 2002 y contempló 27 trenes o 54 coches. Su configuración puede ser de 1 coche en horario valle y de 2 coches en horario punta.

El mantenimiento de dichos trenes está a cargo de Alstom Chile, teniendo un contrato de 30 años para ello.

2.3.2 X'Trapolis Modular Rancagua Xpress, Nos Xpress y Merval

Correspondiente a un tren de segunda generación X'trapolis, también con ruedas de acero, su contrato fue firmado a fines del 2013, contemplando la implementación de 24 trenes. De estos, 16 irán a Rancagua Xpress, además de un contrato de mantenimiento por 25 años. Mientras que se sumarán 8 nuevos trenes a la actual flota de 27 trenes para Merval.

En la red Rancagua Xpress y Nos Xpress (red compartida) buscarán disminuir los tiempos de viaje entre Santiago y Nos, así como Santiago y Rancagua. Mientras que para la red Merval llegarán como apoyo a la demanda creciente de este transporte en la V región y se espera que entren en operaciones a fines del 2015

2.4 Talleres de mantenimiento Alstom

A continuación se presentan los talleres en donde son realizados los mantenimientos de diversos trenes por parte de Alstom. Estas dependencias no pertenecen a la compañía si no que pertenecen a los diversos clientes con que se trabaja y en donde con frecuencia son compartidas con empleados de otras organizaciones ligadas al rubro ferroviario.

2.4.1 Taller Puente Alto

Taller en donde se le realiza operaciones de mantenimiento preventivo de los 72 trenes Alstom AS-02 (el mantenimiento correctivo está a cargo de Metro Santiago), contando con alrededor de 80 empleados. Las dependencias físicas corresponden a

Metro Santiago y se comparten con empleados de dicha compañía que realizan actividades a los mismos trenes.

2.4.2 Taller Lo Ovalle

Taller en donde se realiza el mantenimiento tanto preventivo como correctivo de los 11 trenes Alstom NS-04. Cuenta con aproximadamente 40 empleados y se localiza en comuna de La Cisterna.

Al igual que el Taller Puente Alto, las dependencias físicas corresponden a Metro Santiago y se comparten con los empleados de aquella compañía, los cuales efectúan actividades de mantenimiento a los trenes NS-74.

2.4.3 Taller Limache

Taller en donde se realiza el mantenimiento preventivo como correctivo de los 27 trenes X'Trapolis 100. Las instalaciones pertenecen a Metro de Valparaíso y actualmente se desempeñan aproximadamente 50 empleados. Además en dichas dependencias solo existen técnicos de Alstom.

2.4.4 Maestranza San Eugenio

Taller en donde se realizará el mantenimiento a los 24 trenes X'trapolis modular correspondiente a la línea Rancagua Xpress. Dichas dependencias pertenecen a EFE y están ubicadas en Estación Central.

2.5 Organigrama en lugar de operaciones

Por último se presenta el organigrama del Departamento Operaciones, en donde se desempeñaron las funciones a lo largo de esta memoria:

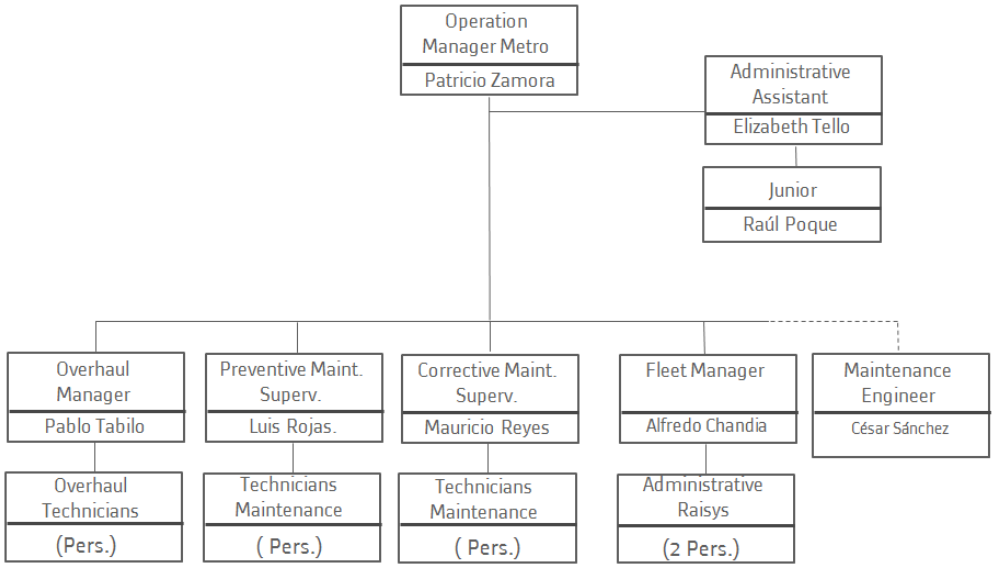

Ilustración 5. Organigrama departamento operaciones

Fuente: Presentación corporativa, Alstom 2013

En este organigrama, el suscrito quedó bajo la referencia del *Operation Mánager Metro* Patricio Zamora. Además, el resultado de este trabajo de título fue desarrollado para el Departamento de Mantenimiento Preventivo.

Lo descrito se enmarca dentro del proyecto de mantenimiento de trenes NS04 descrito en el punto *2.1.2 Alstom Transport en Chile* y detallado en el punto *4.3 El mantenimiento*.

Capítulo 3: Marco Teórico

3.1 Lean Manufacturing.

3.1.1 Historia

Los orígenes de *Lean Manufacturing* [6] [7] se remontan a 1930, cuando Kiichiro Toyoda, Taiichi Ohno y otros miembros de Toyota idearon una serie de innovaciones que podrían proporcionar continuidad en el flujo del proceso y permitirían la fabricación de gran variedad de productos. Esta situación se estudió y aplicó con mayor intensidad después de la Segunda Guerra Mundial, surgiendo así el concepto de "Toyota Production System" TPS.

Este sistema, en esencia, cambió el enfoque de la manufactura, pasando desde un enfoque de utilización de máquinas individuales, hacia el flujo del producto a través de todo el proceso. Toyota llegó a la conclusión que utilizando la capacidad correcta de las maquinarias para un volumen específico requerido, agregando monitoreo de estas por parte de los operarios para asegurar la calidad, ordenando la disposición física en función de una secuencia lógica de trabajo y notificando correctamente la necesidad de materiales, sería posible reducir los costos, producir gran variedad de productos con elevada calidad y adaptarse más rápidamente a las necesidades cambiantes de los clientes. Así como también favorecer la simplificación y precisión de la gestión de información.

El TPS fundamenta la optimización de los procesos productivos, a través del diagnóstico y posterior eliminación de despilfarros o *mudas*, como también la generación de un análisis de la cadena de valor. Esperando así lograr un flujo de material estable y constante, en la cantidad adecuada, con la calidad requerida y en el momento preciso que se necesite.

Mucho del trabajo temprano de Toyota fue aplicado durante los 50's a la manufactura de motores de autos, posteriormente al ensamble de vehículos en los 60's y para la cadena de suministros en los 70's. Es solo en esta última etapa que los "secretos" de *lean* son compartidos en forma de manuales con organizaciones externas a Toyota por primera vez. Dichos manuales estaban en japonés y demoraron aproximadamente una década en ser traducidos, hasta que los primeros libros fueron publicados en inglés.

Aun así, el interés en Lean por las empresas occidentales sigue siendo acotado y no adquiere la importancia que tiene hoy, hasta la publicación en 1990 por James P. Womack, Daniel T. Jones y Daniel Roos de "The Machine That Changed The World" libro el que resalta las grandes diferencias entre Toyota y los fabricantes de automóviles.

Es entonces cuando el concepto de Lean Manufacturing es acuñado por primera vez y posteriormente esta idea es profundizada por los autores James P. Womack y Daniel T. Jones en el libro "Lean Thinking" publicado en 1996. La misión de este último libro, según los escritores es "Explicar cómo ir más allá de los juegos financieros de los años noventa y cómo crear valor real y duradero en cualquier tipo de empresa" a modo de demostrar cómo una serie de compañías en Estados Unidos, Europa y Japón aprovecharon la recesión de 1991 como una oportunidad para replantear sus estrategias y emprender nuevos rumbos.

3.1.2 Desperdicios o Mudas

Taiichi Ohno originalmente enumeró los desperdicios (o *mudas* en japonés) más comunes encontrados en los procesos productivos. En base a esto los clasificó en 7 tipos [7]:

1. Defectos o reprocesos (en los productos)
2. Sobreproducción
3. Excesos de inventarios
4. Procesos innecesarios
5. Desplazamiento innecesario (de personas)
6. Transporte de materiales innecesarios
7. Esperas

Si bien es cierto, esta lista fue diseñada inicialmente para el "Toyota Production System" TPS y por ende para procesos productivos físicos, puede tener aplicación para las otras actividades básicas de un negocio: el desarrollo de un producto y la recepción de pedidos.

Es precisamente a estos desperdicios los que *Lean* busca en una primera instancia detectar, para posteriormente ir eliminándolos de forma paulatina de una manera sencilla para así generar una mejora en el proceso productivo.

3.1.3 Principios de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing cuenta con cinco principios básicos que favorecen la comprensión de cada etapa en la producción y facilita el eventual uso de herramientas *Lean* [6] [7].

1. Definir el Valor
2. Identificar del flujo de valor
3. Flujo Continuo
4. Sistema "Pull"
5. Perfeccionamiento

3.1.3.1 Definir el Valor

El valor solo puede ser definido por el cliente final y solo tiene sentido cuando es expresado en términos de un producto específico (un bien, servicio o una combinación de estos) en el cual converge las necesidades del cliente a un precio específico y en un tiempo específico.

El productor es quien se encarga de crear el valor y este es el proceso inicial del pensamiento lean. Para ello, se debe partir con un intento consciente para precisamente definir el valor en términos de un producto en específico, con capacidades específicas, ofrecido a precio especifico a través de un dialogo con clientes específicos.

La forma de hacerlo es ignorar el estado actual de los activos y tecnología y repensar la empresa en una línea de producción con un equipo robusto y específico enfocado en el producto. Esto también requiere redefinir el rol de los expertos técnicos y repensar en qué lugar del mundo fabricarlos. "Realistamente, no existe director que pueda implementar todos esos cambios instantáneamente, pero es esencial para tener una visión clara de lo que realmente se necesita. De lo contrario, es casi seguro que la definición de valor estará sesgada" [7].

3.1.3.2 Identificar el flujo de valor

Se entiende como flujo de valor, todas las acciones específicas requeridas para llevar un producto específico (ya sea un bien, servicio o una combinación de ambos) a través de las tres tareas críticas de administración de cualquier negocio:

- Tareas de resolución de problemas: Que abarca desde el concepto, pasando por los detalles de diseño e ingeniería hasta el inicio de la producción.
- Tareas de administración de información: Abarcando desde el recibimiento de orden, pasando por los detalles de programación hasta la entrega.
- Tarea de transformación física: Abarcando la transformación desde la materia prima hasta el producto terminado en manos del cliente.

Identificando todo el flujo de valor para cada producto (o en algunos casos para cada familia de producto) permite detectar grandes cantidades de *muda*. Por otro lado, se detalla que existen tres tipos de clasificación para las acciones que están ocurriendo a lo largo del flujo de valor:

a) Acciones que crean valor
b) Acciones que no crean valor pero son inevitables de realizar con la tecnología y activos de producción existentes
c) Acciones que no crean valor y deben ser inmediatamente eliminadas

Tanto las acciones tipo b) y c) corresponden a *muda* y según los principios de Lean deben eliminarse.

3.1.3.3 Flujo continuo

Una vez que el valor ha sido identificado y los desperdicios han sido eliminados, viene el siguiente paso en el pensamiento lean: hacer que el valor fluya.

Trabajar por sistema de grandes lotes de producción, en donde los departamentos y equipos especializados se enfocan en que la producción termine rápidamente, está totalmente contrario al principio de flujo.

En vez de esto, lean propone en tener un flujo continuo de pequeños lotes de producción según la demanda (evitando así la sobreproducción). Proceso que se logra reduciendo los tiempos de preparación, además la “miniaturización” de la

maquinaria; entendiendo como miniaturización el correcto dimensionamiento de la capacidad productiva así como el tamaño físico de la máquina. En consecuencia las etapas del proceso durante la fabricación podrán ser llevadas a cabo de inmediato una tras otra, existiendo flujo continuo. Los beneficios de esta práctica según la experiencia constan de la posibilidad de doblar la productividad y conseguir disminuir de forma sustantiva los defectos durante la producción.

3.1.3.4 Sistema "Pull"

El primer efecto visible de pasar desde departamentos y lotes de producción hacia equipos de productos y flujo, es que el tiempo requerido para ir desde el concepto hasta el lanzamiento, desde la venta hasta la entrega y desde la materia prima hasta el cliente final, se reduce drásticamente.

Esto debido a que se realiza lo que el cliente quiere para cuando lo necesite. Es así como se deja que él "tire" (*pull*) el producto desde la compañía, en vez de que la compañía "empuje" (push) el producto, a menudo no deseado, hacia el cliente.

Como consecuencia se genera una demanda estable de clientes ya que ellos saben que pueden obtener lo que necesitan y la empresa productora no tiene la necesidad de hacer campañas de descuentos diseñadas para mover el inventario de productos que nadie quiere.

3.1.3.5 Perfeccionamiento

Una vez que los cuatro principios anteriores son implementados, se cae en cuenta que al momento de ofrecer un producto, no existe final para el proceso de reducir esfuerzo, tiempo, espacio, costo y errores. Es así como cada principio comienzan a interactuar entre sí, cayendo en un círculo virtuoso de mejora continua.

Uno de los más importantes estímulos para alcanzar la perfección, es la trasparencia, de modo que todos los miembros de la organización –subcontratistas, proveedores, distribuidores, clientes, empleados, etc.- puedan ver todo el proceso y así fácilmente descubrir mejores formas de adicionar valor.

3.2 Herramientas de Lean Manufacturing

Lean Manufacturing cuenta con diversas herramientas que favorecen la implementación y ejecución de los cinco principios mencionados en el punto *3.1.3*. A continuación se procederá a describir las herramientas utilizadas o mencionadas en este trabajo de título [8] [9].

3.2.1 Estandarización

Es una de las herramientas consideradas elementales dentro del Lean Manufacturing y frecuentemente se considera el punto de partida y la herramienta principal de la mejora continua.

Se entiende como estándares dentro de la *manufactura lean* como "descripciones escritas y gráficas que ayudan a comprender las técnicas, las más fiables y eficaces de una fábrica y proveen de los conocimientos precisos sobre personas, máquinas, materiales, métodos, mediciones, e información con el objeto de hacer productos de calidad de modo fiable seguro, barato y rápidamente".

Los estándares afectan a todos los procesos de la empresa, de manera que donde exista el uso de personas, materiales, máquinas, métodos, mediciones e información debe existir un estándar.

Las características que debe tener una correcta estandarización se puede resumir en los cuatro principios que se presenta a continuación:

1. Ser descripciones simples y claras de los mejores métodos para producir.
2. Proceder de un proceso de mejora.
3. Garantizar su cumplimiento
4. Considerarlos como el punto de partida para mejoras posteriores

El documento principal de la estandarización es *denominado Hoja de operación estándar*. Consiste en un método de trabajo por el cual se elimina la variación, desperdicio y desequilibrio, realizando las operaciones con mayor facilidad, rapidez y menor costo teniendo siempre como prioridad la seguridad, asegurando la plena

satisfacción de los Clientes. Busca conseguir hacer siempre lo mismo de la misma manera.

Además de obtener algunos de los siguientes beneficios:

1. Calidad. Disminuyen los defectos, manteniéndose un mismo nivel de calidad. Se facilita el mejoramiento de la operación a través de la observación diaria. Facilita aclarar las fallas de la operación.

2. Costo. Se puede observar y eliminar la variación, del desperdicio y desequilibrio de las operaciones. Facilita la elaboración de balanceos de cargas de trabajo. Se eliminan los faltantes ocasionados por la mano de obra. Se reducen los costos por material dañado. Permite el mejoramiento de la productividad al conservar los niveles de calidad. Simplifica el aprendizaje del personal.

3. Cumplimiento. Se asegura la entrega de la producción al siguiente proceso. Con la eliminación de faltantes y defectos, se garantiza el flujo de la producción

4. Seguridad. Disminuye los accidentes, minimizando los actos inseguros.

5. Otros. Simplifica el aprendizaje del personal.

3.2.2 SMED

SMED por sus siglas en inglés (Single-Minute Exchange of Dies) Es una metodología clara, fácil de aplicar y que consigue resultados rápidos y positivos, generalmente con poca inversión aunque requiere método y constancia en el propósito.

Esta persigue la reducción de los tiempos de preparación de la máquina, estudiando detalladamente el proceso e incorporando cambios radicales en la máquina, utillaje, herramientas e incluso el propio producto, que disminuyan los tiempos de preparación.

SMED es un proceso paso a paso para mejorar la eficiencia y exactitud del trabajo de cambios. Incluye procedimientos técnicos bien documentados.

El proceso SMED incluye los siguientes pasos:

1. Establecer el tiempo actual de cambio
2. Identificar todas las actividades que se llevan a cabo
3. Identificar actividades que puedan ser eliminadas
4. Distinguir entre actividades internas y externas
5. Eliminar las actividades innecesarias
6. Hacer externas todas las actividades posibles
7. Optimizar las actividades internas y externas
8. Establecer un nuevo tiempo de cambio

Las actividades internas se entienden como, pasos de cambio que pueden hacerse solamente cuando la máquina esta parada. Ejemplos: Sujetar una nueva herramienta o conectar el sistema hidráulico.

Mientras que las actividades externas corresponden a los pasos de cambio que puedan hacerse sin parar la máquina. En otras palabras pasos que pueden hacerse como preparación para el cambio o después que reinicie la máquina. Ejemplos: Preparación de herramienta y equipos.

3.2.3 Diagrama Pareto

Se reconoce que más de 80% de la problemática en una organización es por causas comunes, es decir, se debe a problemas o situaciones que actúan de forma permanente en los procesos. Pero, además, en todo proceso son poco los problemas o situaciones vitales que contribuyen en gran medida a la problemática global de un proceso o una empresa. Lo anterior es la premisa del diagrama de Pareto, el cual es un gráfico especial de barras cuyo campo de análisis o aplicación son los datos categóricos, y tiene como objetivo ayudar a localizar el o los problemas vitales, así como sus principales causas. La idea es que cuando se quiere mejorar un proceso o atender sus

problemas, no se den “palos de ciego” y se trabaje en todos los problemas al mismo tiempo atacando todas sus causas a la vez, sino que, con base en los datos e información aportados por un análisis estadístico, se establezcan prioridades y se enfoquen los esfuerzos donde éstos tengan mayor impacto.

La viabilidad y utilidad general del diagrama está respaldada por el llamado *principio de Pareto*, conocido como “Ley 80-20” o “Pocos vitales, muchos triviales”, en el cual se reconoce que pocos elementos (20%) generan la mayor parte del efecto (80%), y el resto de los elementos propician muy poco del efecto total. El nombre del principio se determinó en honor al economista italiano Wilfredo Pareto (1843-1923).

Capítulo 4: Caso aplicado. Taller Lo Ovalle

Es importante conocer los aspectos más relevantes del Taller Lo Ovalle que permitirán tener una idea global de su funcionamiento y dinámica de trabajo. Las variables como personal en operaciones, característica de los trenes, contratos, clasificación de averías o el mantenimiento mismo facilitarán dicha comprensión, que servirá a modo de introducción al análisis que se desarrollará a lo largo de este trabajo de título.

4.1 Personal en operaciones

Taller Lo Ovalle cuenta con divisiones de mantenimiento correctivo y preventivo, los cuales se distribuyen en los siguientes horarios:

Tabla 1. Horario turnos mantenimiento correctivo y preventivo Taller Lo Ovalle

Mantenimiento Correctivo					Mantenimiento Preventivo
Mañana Lu-Vi	**Tarde Do-Ju**	**Noche Lu-Vi**	**Permanencia Asistida Sab**	**Administrativo Lu-Vi**	**General Lu-Vi**
05:00 – 14:00	15:00 – 00:00	21:00 – 06:00	10:00 – 15:00	09:00 – 18:00	21:00 – 06:00

Fuente: Elaboración propia

En donde el personal que desempeña labores se encuentra distribuido como se muestra a continuación:

Tabla 2. Cantidad de técnicos en mantenimiento preventivo y correctivo Taller Lo Ovalle

Mantenimiento Correctivo					Mantenimiento Preventivo
Mañana Lu-Vi	**Tarde Do-Ju**	**Noche Lu-Vi**	**Permanencia Asistida Sab**	**Administrativo Lu-Vi**	**General Lu-Vi**
3 técnicos	3 técnicos	1 técnico	2-3 técnicos	6-7 técnicos	6 técnicos

Fuente: Elaboración propia

Existiendo un total de 21 técnicos entre ambos mantenimientos. Para el caso del mantenimiento preventivo suelen haber entre 6-8 técnicos incluido el supervisor, en función de la disponibilidad de estos y la carga de trabajo que se deba realizar. Para el caso del mantenimiento correctivo suelen haber entre 13-15 técnicos distribuidos en

los distintos trenes y distintas acciones correctivas según la necesidad del trabajo que se tenga durante el día.

4.2 Trenes NS04

4.2.1 Generalidades

El tren Neumático Santiago 2004 o NS04 corresponde a un tren diseñado y fabricado por Alstom en Brasil. Está basado en la carrocería del tren AS-2002 (que circula en línea 4 de Metro Santiago) y en la configuración motriz del NS-93 (que circula en la línea 1 y 5 de Metro Santiago).

Se comienza a fabricar el año 2006 y para Agosto del 2007 el parque se encuentra completo y en funcionamiento en Metro Santiago. Inicialmente la flota llega a reforzar la línea 1, hasta que en el año 2013 es traspasado a línea 2.

Ilustración 6. Línea 2 Metro Santiago

Fuente: http://www.metro.cl/

4.2.2 Contrato de venta y mantenimiento

Se vendieron en total 85 coches en 11 trenes el año 2004. Esta venta incluye el material rodante, capacitación al cliente y toda la ingeniería que va detrás de la puesta en marcha [2] .

Dicho contrato, se subdivide en dos subcontratos:

42 coches: Para 6 trenes de 7 coches cada uno, iniciado el 27-04-2007 y con fecha de término el 27-04-2009.

43 coches: Para 5 trenes de 8 coches más 3 coches, iniciado el 28-09-2007 y con fecha de término el 28-09-2009.

Cada subcontrato cuenta con garantía de 2 años. Dicha garantía implica que Alstom se hace cargo de todos los gastos ligados al mantenimiento (excepto vandalismo, del cual se encarga Metro). Una vez que se cumplió los años de garantía, Metro subcontrató a Alstom el 2009 para el mantenimiento por 5 años más, contrato que se encuentra finalizando desde el 27 de septiembre del 2014 y que actualmente se encuentra en proceso de renegociación. Por lo tanto, Alstom además de la venta de trenes, también cobra por los servicios de mantenimiento preventivo y correctivo mensualmente a Metro. Dicho monto está en función de los kilometrajes recorridos por coche.

Además hay requerimientos de confiabilidad para el caso del mantenimiento correctivo. Se clasifica una Avería tipo A cuando se ve afectada la disponibilidad del tren y son provocadas por:

- Evacuación justificada del tren en cualquier horario y día
- No disponibilidad en hora punta de mañana y tarde, de acuerdo a la salida de trenes concordada con Operaciones.
- Toda avería que se produce durante la hora punta, con interferencia en la Operación y que debe ser retirado de la línea.

Se clasifica avería tipo B, como todas las averías que son detectadas por la operación, incluyendo las tipos A.

4.2.3 Configuración de trenes

La configuración de los trenes puede ser de 7 u 8 coches según la tabla y figuras a continuación [10]:

Tren	Número de coches
85-87	7
88-95	8

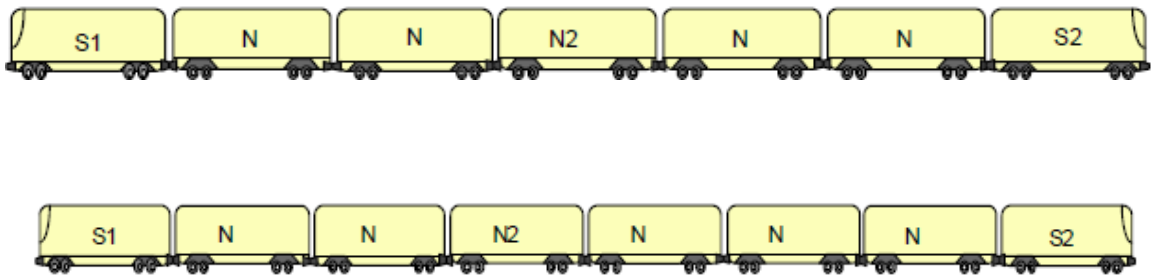

Ilustración 7. Distribución tren con 7 y 8 coches

Fuente: Manual de mantenimiento tren NS04

Las figuras muestran la distribución de los trenes con 7 u 8 coches con nomenclaturas N y S. Es importante saber que cada Coche "N" es un coche motriz y cada coche motriz cuenta con 2 motores; mientras que los coches "S" es un coche remolque, el cual no posee motor y es literalmente empujado por los coches N.

4.2.4 Largo del tren NS04

El largo del tren NS04 para un tren de 8 coches (2 coches S + 6 coches N) corresponde a 132,14 [m]. Para determinarlo, se utilizó la distancia entre planos de acoples enganche que según manual corresponde a:

- 16,93m (coche S) y 16,38m (Coche N/N2) [10]

Obteniendo un resultado de 132,14 [m], sin embargo, y para efecto de cálculo, se utilizará 133 [m].

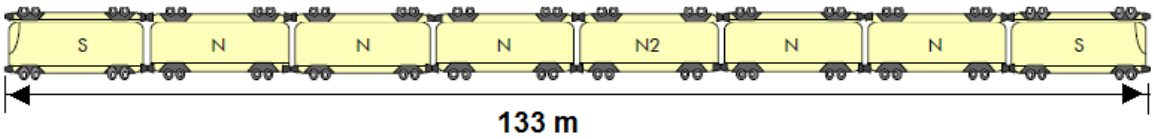

Ilustración 8. Largo de tren 8 coches

Fuente: Elaboración propia

4.2.5 Otros elementos NS04

A continuación se muestra un listado de la cantidad de elementos de un tren de 8 coches que se consideran relevantes conocer para el mantenimiento IS [10]:

Tabla 3. Función y cantidad de elementos relevantes del tren en mantenimiento de IS

Elemento	Cantidad	Función
Puentes motores	24	Trasmisión de tracción desde el motor
Tapas de ventilación salón/cabina	34	Proteger los motores de ventilación y mejorar la estética dentro del tren
Conjuntos de ventilación	32	Conjunto moto-ventilador que otorga aireación a los pasajeros de los coches
Acople Semipermanente A y B	14	Acoplar vehículos ferroviarios. Trasmitir cargas de tracción y compresión de un coche a otro
Neumáticos (portadores + guiados)	80	Generar desplazamiento del tren
Frotadores positivos	24	Captar tensión positiva del tercer riel
Frotadores negativos	24	Captar tensión negativa del tercer riel
Freno BFC (zapatas)	64	Frenar el tren
Amortiguadores verticales	32	Amortiguar cargas axiales

Fuente: Elaboración propia

4.3 El mantenimiento

En el taller Lo Ovalle, es realizado el mantenimiento preventivo y correctivo por parte de Alstom.

El mantenimiento preventivo se entiende como todas las actividades que se realizan a intervalo de kilometrajes predeterminados, con la intención de alargar la vida útil de los componentes del tren. Los kilometrajes en los que se debe mantener cada componente vienen dados por el manual del tren y en función de estos se encuentran divididos en tres grupos de mantenimiento [11]:

- Inspecciones de seguridad (IS) : Se realiza cada 10.000 Km
- Inspecciones de mantenimiento (IM): Realizada cada 30.000 Km
- Gran revisión (GR): Realizada cada 500.000 Km

A su vez existe un tipo de IS, 16 tipos de IM (IM1, IM2, IM3, IM4, IM5, IM6, IM7, IM8, IM9, IM10, IM11, IM12, IM13, IM14, IM15, IM16) y un tipo de GR.

Por lo tanto, la secuencia de mantenimiento quedaría como se muestra en la *Tabla 4* a continuación:

Tabla 4. Secuencia mantenimiento tren NS04

KM	IS	IM1	IM2	IM3	IM4	IM5	IM6	IM7	IM8	IM9	IM10	IM11	IM12	IM13	IM14	IM15	IM16	GR
10000	■																	
20000	■																	
30000		■																
40000	■																	
50000	■																	
60000			■															
70000	■																	
80000	■																	
90000				■														
100000	■																	
110000	■																	
120000					■													
130000	■																	
140000	■																	
150000						■												
160000	■																	
170000	■																	
180000							■											
190000	■																	
200000	■																	
210000								■										
220000	■																	
230000	■																	
240000									■									
250000	■																	
260000	■																	
270000										■								
280000	■																	
290000	■																	
300000											■							
310000	■																	
320000	■																	
330000												■						
340000	■																	
350000	■																	
360000													■					
370000	■																	
380000	■																	
390000														■				
400000	■																	
410000	■																	
420000															■			
430000	■																	
440000	■																	
450000																■		
460000	■																	
470000	■																	
480000																	■	
490000	■																	
500000																		■

Fuente: elaboración propia

Para cualquiera de estas actividades el tren debe estar detenido al menos una jornada de mantenimiento preventivo en donde generalmente se trabaja un tren por día, aunque se pueden llegar a realizar dos trenes por día en función de los

requerimientos. Para las actividades de mayor complejidad se requieren varias jornadas, llegando incluso a 4 jornadas de mantenimiento en los ciclos de IM16 para un solo tren.

Por otro lado el mantenimiento correctivo, es realizado en función de las averías que vayan apareciendo debido al desgaste propio del tren.

Se puede apreciar que el mantenimiento preventivo de inspección de seguridad (IS) es el realizado con mayor frecuencia, abarcando aproximadamente el 60% de todos los mantenimientos que se realizan durante el año [12]. En la *Ilustración 9* se tiene que de un universo de 291 mantenimientos planificados durante el 2015, 171 corresponden a mantenimientos de IS y 120 a otros tipos de mantenimiento.

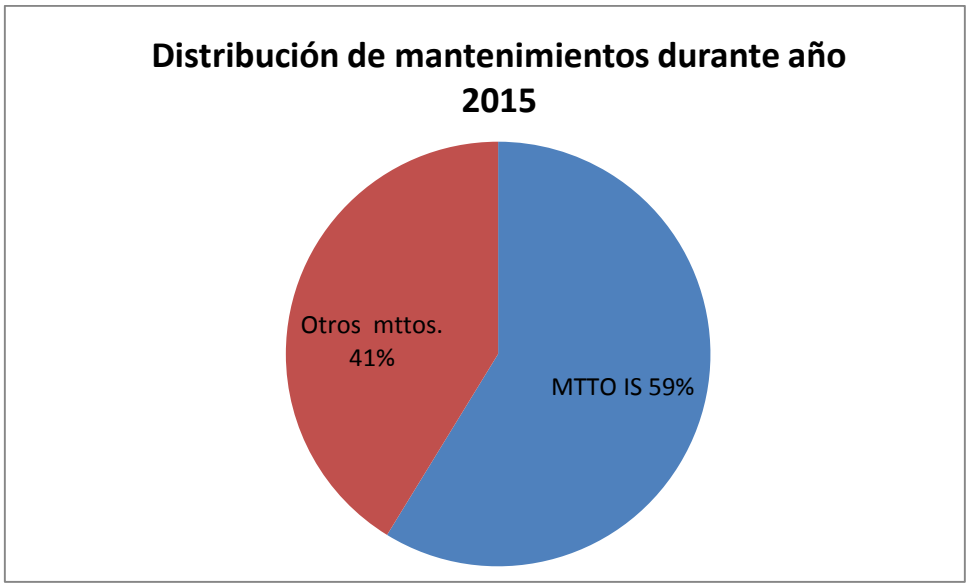

Ilustración 9. Distribución de mantenimientos durante año 2015

Fuente: elaboración propia

Con ese motivo, este trabajo de título se enfocará en estudiar, documentar, analizar y proponer una mejora al mantenimiento Inspección de seguridad (IS).

Capítulo 5: Estado actual

En el presente capítulo se procederá a describir y analizar el estado actual del taller Lo Ovalle. Esto se realizará mediante la recopilación de información, entrevistas, visitas presenciales y encuestas con el fin de generar la detección de brechas y hallazgos, para así tener indicios en donde enfocar la aplicación de soluciones.

5.1 Medición y detección de problemas

La detección de problemas ha sido realizada a través de la recopilación de datos, utilizando como fuentes principales:

- Información de los técnicos
- Información de Jefaturas
- Visualización y análisis de las buenas prácticas aplicadas en Taller Puente Alto
- Visualización y análisis de los procesos de mantenimientos realizados en taller Lo Ovalle
- Encuesta
- Estudio de fichas del trabajo de mantenimiento

5.2 Visualización y análisis de procesos de mantenimiento

Producto de las diversas visitas hechas a lo largo de este trabajo de título al taller Lo Ovalle, se fueron realizando hallazgos en los procesos de mantenimiento de IS, entendiendo como un hallazgo la evaluación de la evidencia frente a los criterios de mantenimiento.

Fruto de este trabajo se generó una matriz ordenando la información obtenida en función de clasificación de los 7 desperdicios de Taiichi Ohno [7]:

1. Defectos o reprocesos (en los productos)
2. Sobreproducción
3. Excesos de inventarios
4. Procesos innecesarios
5. Desplazamiento innecesario (de personas)
6. Transporte de materiales innecesarios
7. Esperas

En la *Tabla 5* se muestran dichos resultados:

Tabla 5. Problemas, descripción y tipos de desperdicios

N°	Problema	Descripción	Tipo de desperdicio
1	Exceso de desplazamiento de los operarios	Operarios deben ir a buscar herramientas desde su puesto de trabajo a otro punto	Desplazamientos
2	Herramientas no están cercanas	Herramientas se encuentran lejos del lugar de trabajo	Desplazamientos
3	Actividades son distribuidas en base a la experiencia de trabajo	Fichas de trabajo carecen de un proceso lógico que facilite la distribución de actividades entre operarios, dificultando la realización del mantenimiento de forma eficiente	Procesos
4	Ficha de operación estándar desactualizada	Existen procesos que están desactualizados o que se repiten en la ficha de operación estándar	Procesos
5	Ficha de operación estándar no ha sido implementada	No existe capacitación ni información rápida a operarios respecto a la estandarización de procesos	Procesos
6	Diseño de ficha de mantenimiento está ordenado por tipo de trabajo mecánico/eléctrico y no por secuencia de trabajo	Se requiere una actualización de estas, a modo que se genere un proceso ordenado y de secuencia lógica para facilitar la distribución de actividades y el mantenimiento	Procesos
7	Herramientas no están ordenadas o se encuentran mezcladas	Herramientas se encuentran ubicadas en cajas de herramientas o dispersas en distintos lugares	Esperas
8	Proceso crítico ralentiza a otros procesos	Existen actividades que tardan más que otras provocando que se ralentice el proceso de mantenimiento.	Esperas
9	Posición de los instrumentos de medición retrasa su utilización	Existe un lugar fijo donde se almacenan, lejano del lugar de operación.	Desplazamientos
10	Posición de material retrasa su búsqueda	Almacenaje de material no se encuentra cercano al lugar donde se realiza la actividad	Esperas

11	No existe identificación de las herramientas (nombre/cantidad)	No existe un registro de cantidad de herramientas	Inventario
12	Incorrecto almacenaje de guantes dieléctricos	Guantes no cumplen con el almacenaje requerido	Inventario
13	Actividades tienen desequilibrada distribución de carga de trabajo	No hay claridad de cuanta gente debe realizar el trabajo para cada actividad.	Procesos
14	Falta de herramientas	Existe falta de herramientas para actividades específicas	Esperas
15	Falta de instrumentos adecuados para realizar mediciones de forma más sencilla	En ocasiones no se cuenta con los instrumentos adecuados que facilitan las mediciones	Esperas
16	Falta de instrumentos de repuesto para actividades críticas	Existe poco stock de ciertos instrumentos que al momento de fallar se encontrarían sin reemplazos	Inventario
17	Ciertos procedimientos en donde hay que registrar datos no son realizados acorde a las fichas de mantenimiento	Algunos procedimientos de registro no son respetados pese a que aparecen en las fichas	Procesos
18	Ficha de operación estándar no específica que herramientas se deben utilizar	Ficha de operación estándar no especifica que elementos se deben llevar para cada actividad	Procesos
19	Para ciertos trabajos, no existe claridad de las especificaciones técnicas (por ejemplo torques) a utilizar, debido a que técnicos no llevan ficha de trabajo	Fichas se dejan lejos del lugar del trabajo, por ende, pueden olvidar exactitud de cifras para trabajos específicos	Procesos
20	Al realizar cambios correctivos de algunos elementos del tren, no se utiliza el criterio existente o este es poco conocido.	Para ciertos cambios correctivos, los técnicos deciden realizar el cambio de piezas en base a la experiencia o producto de una revisión visual.	Procesos

Fuente: Elaboración propia

Si se genera un diagrama Pareto en base a la información presentada, se tiene:

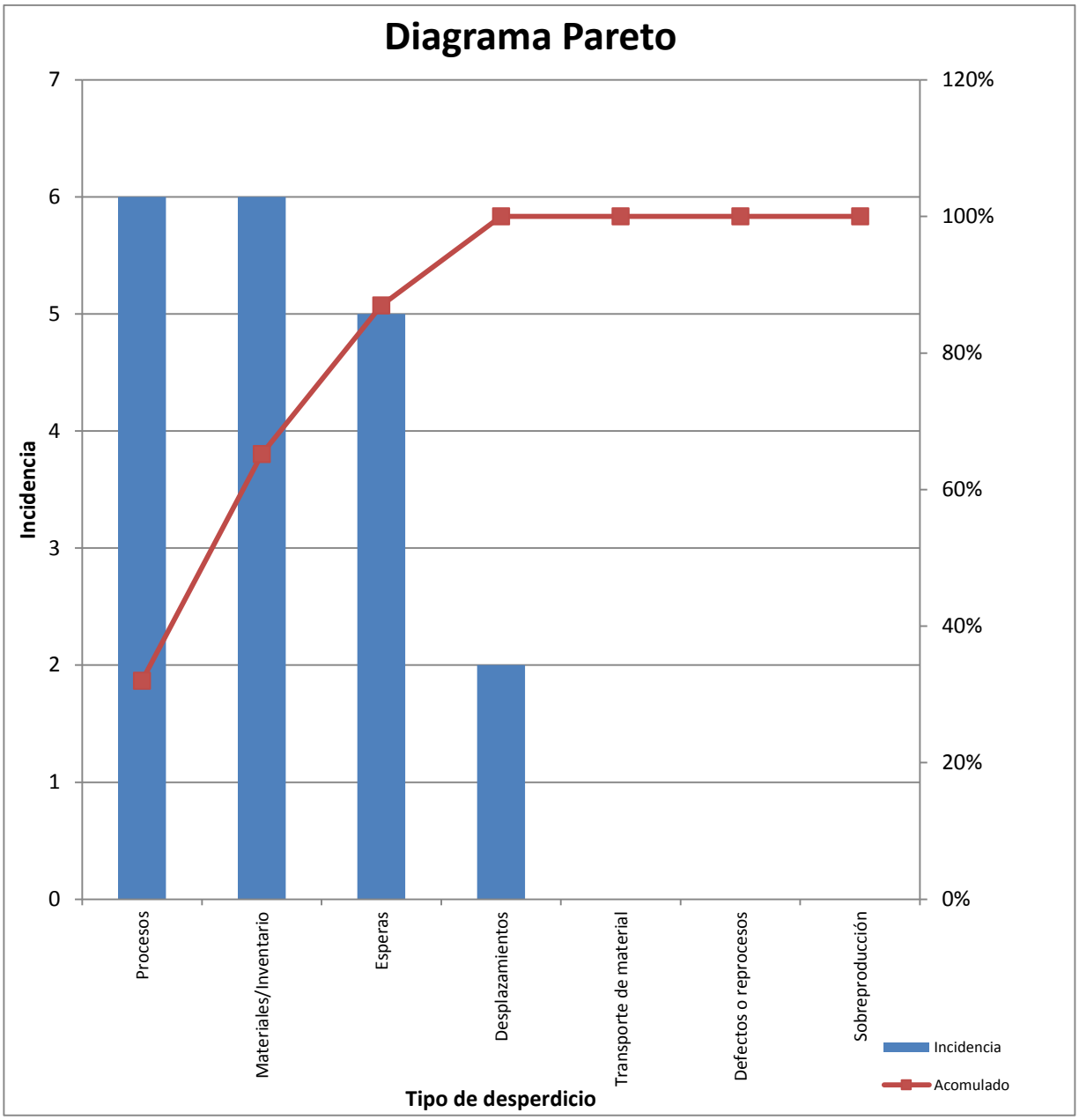

Ilustración 10. Diagrama Pareto en función de desperdicios observados
Fuente: Elaboración propia

En donde se puede observar una predominancia de desperdicio de p*rocesos*, *materiales/inventario* y *esperas*. Al tratarse de un taller de mantenimiento, el *transporte de material*, *defectos o reprocesos* y *sobreproducción* tiene una incidencia menor.

En la *Ilustración 10* tanto los *procesos* como *materiales* tienen la misma cantidad de incidencias, seguidos por *esperas*. Sin embargo, muchas de las esperas descritas tienen como una causa directa o indirecta los *procesos* o *materiales.*

Es así como en este primer acercamiento se empiezan a dar luces de donde se concentran la mayor cantidad de oportunidades de mejora. Sin embargo esta información no es concluyente, pues la visualización de las prácticas está en función de la experiencia de quién realiza dicha labor.

Por este motivo es que se ha decidido además, considerar la experiencia de los técnicos quienes son los que realizan trabajos a diario en las dependencias del taller. Para aprovechar su conocimiento y percepción se ha aplicado una encuesta, dichos resultados permitirán posteriormente contrastarlos con los aquí presentados y finalmente concluir respecto a las oportunidades de mejora.

5.3 Encuesta

Se buscó realizar hallazgos y obtener la percepción u opinión del grupo de siete trabajadores del turno de mantenimiento preventivo en diversos ámbitos a través de una encuesta que fue realizada el día 04-06-2015.

Se utilizó una escala de Likert en donde se dio una puntuación a cada respuesta, como se muestra a continuación:

Muy en desacuerdo	En desacuerdo	Ni acuerdo ni en desacuerdo	De acuerdo	Muy de acuerdo
0 pts.	1 pt	2 pts.	3 pts.	4 pts.

La encuesta constó de 74 preguntas, las cuales se dividieron en dos ítems, como se muestra a continuación:

I. Área de trabajo, en donde se evaluaron los siguientes sub-ítems
   1) Procedimientos
   2) Herramientas
   3) Instrumentos
   4) Condiciones ambientales y entorno
   5) Sistema de marcaje

Contando con un total de 27 preguntas. Por otro lado, también se evaluó:

II. Clima laboral, en donde se evaluaron los siguientes sub-ítems
   1) Cohesión
   2) Presión laboral
   3) Satisfacción – Motivación
   4) Adhesión
   5) Carga de trabajo
   6) Capacitación
   7) Desarrollo
   8) Visión administración

Contando con un total de 47 preguntas.

Posteriormente, con la media, se generó dos gráficas de radar (o diagrama de araña) que muestran la situación general de cada ítem, así como gráficos de radar para cada

subítem. Además, se les asignó una puntuación en donde 0 pts. corresponde a la mínima puntación 4 pts. corresponde a la máxima puntuación.

Tanto para el análisis como para las conclusiones de la encuesta, se ordenó los puntajes de cada sub-ítem de menor a mayor. Primero se analiza las preguntas peor evaluadas y posteriormente las mejor evaluadas en búsqueda de hallazgos y relaciones que permitan conocer, para luego diseñar una propuesta de valor y finalmente implementar una mejora al taller Lo Ovalle.

5.3.1 Objetivos

- Recopilar información por parte de los técnicos del mantenimiento preventivo.
- Conocer el estado actual del taller Lo Ovalle como lugar de trabajo, así como su clima laboral.
- Generar un análisis acabado que permita generar relaciones y obtener conclusiones de la información obtenida.
- Realizar hallazgos y proponer acciones correctivas que den luces de qué y cómo mejorar.

5.3.2 Validación de encuesta

Para la validación de la encuesta, se decidió utilizar el método estadístico alfa de Cronbanch (α). Dicho valor corresponde a un coeficiente que permite medir la fiabilidad del instrumento, mediante la correlación, al asumir que los ítems miden un tema en común.

Es así, entonces, que mientras más cerca dicho valor se encuentre a 1, mayor es la consistencia del ítem evaluado. Se utilizó la valoración dada por Nunnally en su libro "Psychometric theory":

"Un nivel satisfactorio de fiabilidad dependerá de cómo se está utilizando la medición. Así, en las fases iniciales de un análisis exploratorio, se puede ahorrar tiempo y energía usando instrumentos que tengan una fiabilidad entorno al 0,7" [13]

5.3.3 Evaluación de resultados

En la presente encuesta se consideró la siguiente escala de evaluación:

Tabla 6. Evaluación de resultados encuesta

Porcentaje de aceptación	Valor	Significado	Color
≥ 75%	≥ 3	Bueno	Verde
60% ≤ x ≤ 75%	2,4 - 3	Aceptable	Amarillo
≤ 60%	≤ 2,4	Deficiente	Rojo

Fuente: Elaboración propia

Adicionalmente en VI. Anexos, *Tabla 106* y *Tabla 107*, se detalla la puntuación de forma creciente tanto para el ítem *I) Área de trabajo* como *II) Clima laboral.*

5.3.4 Ítem I: Área de trabajo

De los 5 subítems evaluados, estos presentaron una nota promedio de 1,9 respecto a la puntuación máxima 4.

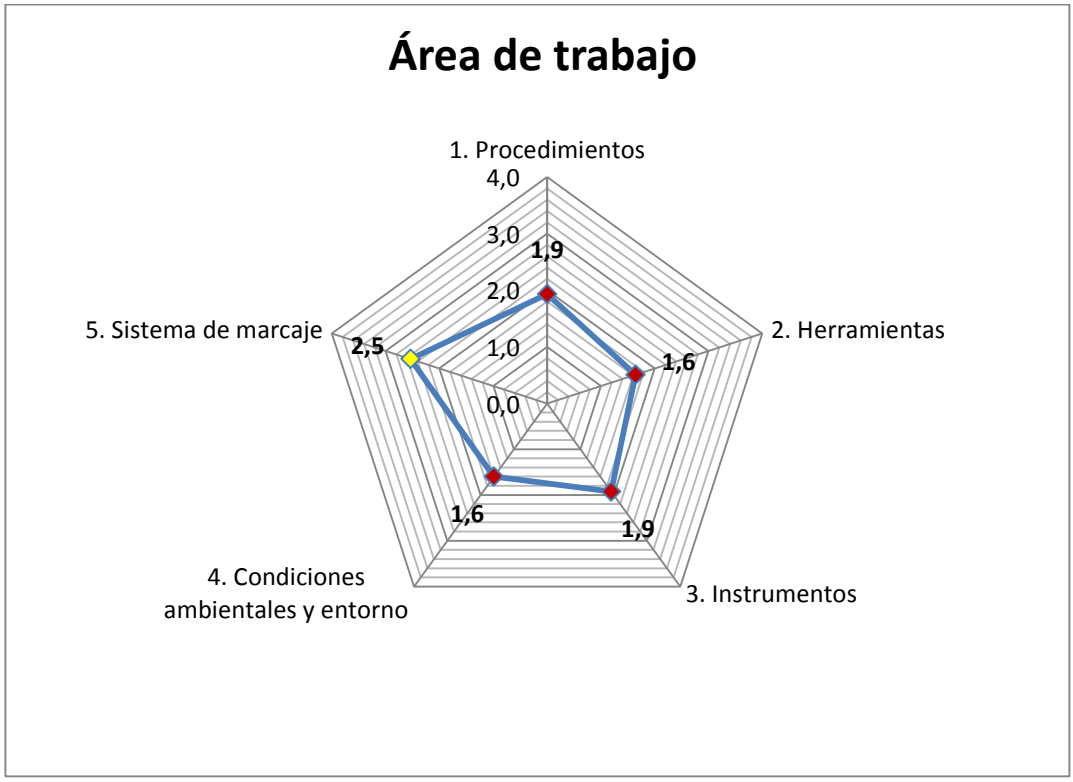

Ilustración 11. Diagrama radar Ítem I: Área de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Dentro de ellos, **los peores evaluados** fueron *2. Herramientas* y *4. Condiciones ambientales y entorno*, mientras que la **mejor evaluada** resultó ser *5.Sistema de marcaje*.

5.3.4.1 Procedimientos

El subítem procedimientos, busca obtener la opinión de los trabajadores respecto a la información y conocimiento que se les otorga para la ejecución de las tareas. Este ítem obtuvo una puntuación promedio 1,9 de 4. Además, contó de 6 preguntas, las que se muestran a continuación:

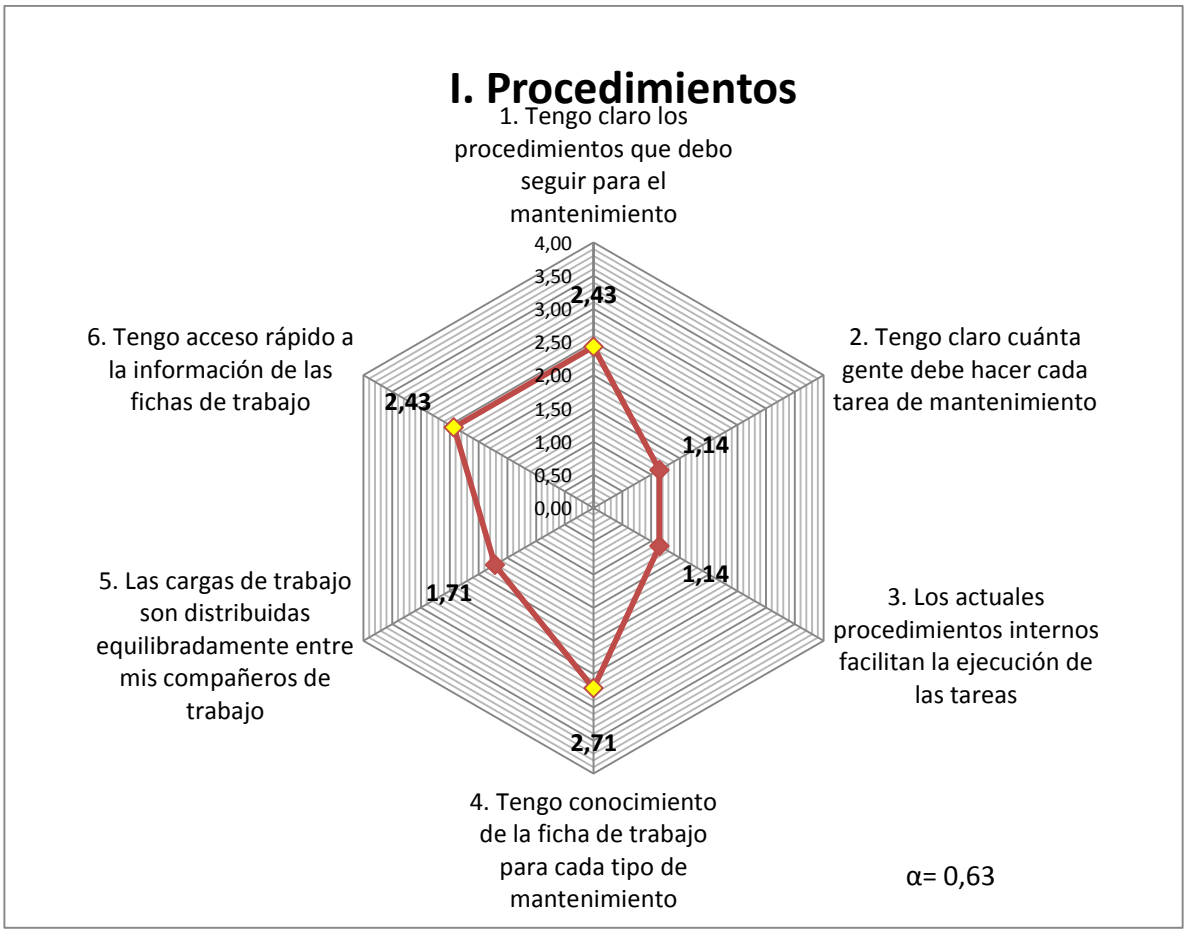

Ilustración 12. Diagrama radar Procedimientos

Fuente: Elaboración propia

Se observa en la *Tabla 7. Preguntas peor evaluadas en Procedimientos* los ítems con más baja puntuación:

Tabla 7. Preguntas peor evaluadas en Procedimientos

Pregunta	Puntuación
2. Tengo claro cuánta gente debe hacer cada tarea de mantenimiento	1,14
3. Los actuales procedimientos internos facilitan la ejecución de las tareas	1,14
5. Las cargas de trabajo son distribuidas equilibradamente entre mis compañeros de trabajo	1,71

Adicionalmente, tanto la *pregunta 2* como la *pregunta 3* tuvieron una de las **peores puntuaciones**, ubicándose ambas en el 2° lugar, dentro de las 27 preguntas evaluadas en la sección *5.3.4 Ítem I: Área de trabajo.*

Dicha puntuación da luces de varios hallazgos:

a) Los procedimientos internos no facilitan la ejecución de las tareas, ya que en muchos casos no son claros, no existen o requiere una actualización de la información que poseen a modo de simplificar su comprensión (pregunta 3).

Es así, como inmediatamente y debido a su consecuencia se tiene que:

b) No existe claridad de cómo se debe distribuir las HH para realizar el mantenimiento (pregunta 2)
c) Las cantidades de trabajo no son distribuidas equilibradamente, por ende, pueden existir técnicos que realicen más HH que otros, fomentando la productividad de algunos, pero no del grupo completo. (pregunta 5)

Es importante destacar que la baja puntuación de *2. Tengo claro cuánta gente debe hacer cada tarea de mantenimiento*, **sumado** a la poca claridad de cómo realizar el trabajo eficientemente, genera un incremento de forma sustancial de los tiempos de mantenimientos.

Para demostrar dicha situación, se tomó como ejemplo un hecho acontecido en:

- Medición de desgaste de zapatas y medición de desgaste de banda frotadores positivos

Se suelen trabajar de forma simultánea, debido a su cercanía entre ambos elementos. Además suelen intervenir dos personas, una realizando la medición y otra anotándolas.

Sin embargo existieron veces en que los técnicos decidieron primero realizar las mediciones de frotadores positivos y luego, como tarea completamente aparte, realizar la medición de desgaste de las zapatas. Eso incluyó que realizaran dos veces el mismo trayecto, pero además, significó un incremento del 28% en la duración de dicha tarea. Situación que con procesos claros establecidos, no debería ocurrir.

En la *Tabla 8. Preguntas mejor evaluadas en Procedimientos* se presenta un análisis similar para las preguntas mejores evaluadas:

Tabla 8. Preguntas mejor evaluadas en Procedimientos

Pregunta	Puntuación
1. Tengo claro los procedimientos que debo seguir para el mantenimiento	2,4
6. Tengo acceso rápido a la información de las fichas de trabajo	2,4
4. Tengo conocimiento de la ficha de trabajo para cada tipo de mantenimiento	2,7

Se desprende de la *pregunta 1* que si bien se obtuvo 2,4 de 4 puntos, entrando en la categoría de aceptable, no existe un consenso categórico según la distribución obtenida:

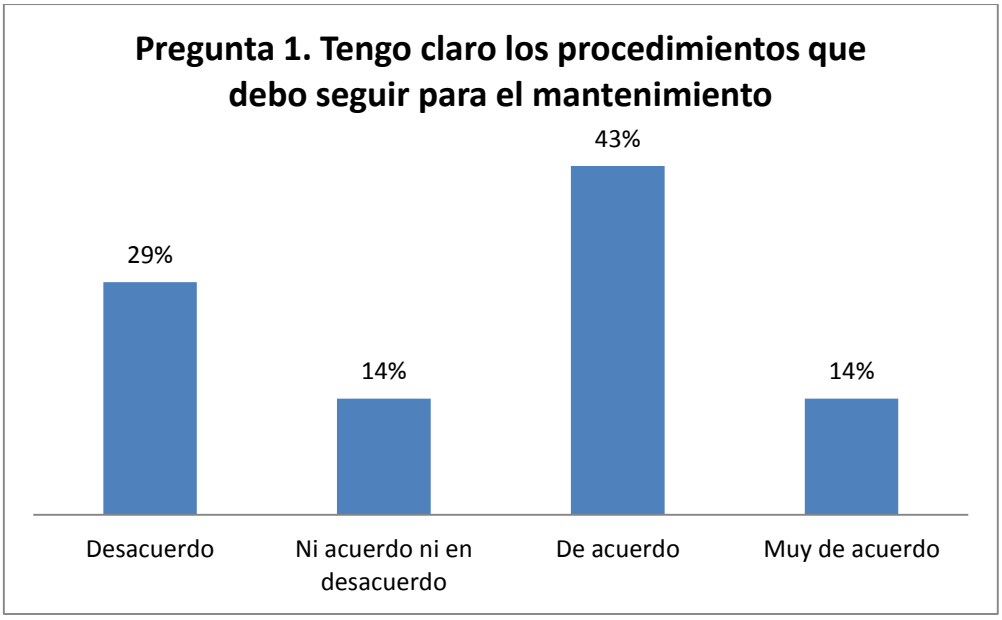

Ilustración 13. Distribución de opiniones pregunta 1.

Fuente: Elaboración propia

Por ende y a raíz que aproximadamente el 43% (29% en desacuerdo + 14% Ni acuerdo ni en desacuerdo) de los técnicos no están claros de los procedimientos a seguir, se concluye que:

d) No existe una internalización clara de los procedimientos de trabajo, pues nunca se han implementado en el grupo de trabajo.
e) Al no tener internalizado los procedimientos todos los trabajadores del turno, afecta directamente los tiempos y productividad del mantenimiento, así como la distribución y cargas de trabajo.

Situación similar para la *pregunta 6* al no existir una tendencia clara. Es importante entender – y contrariamente a lo que se podría pensar- que la información otorgada por la ficha podría ser rápida, aunque eso no necesariamente implica que sea de fácil acceso.

f) Un correcto rediseño de ficha debe considerar mejorar el acceso a la información de forma rápida y fácil para los técnicos.

Ejemplificando este punto, los técnicos se quejan frecuentemente del exceso de cuadros que tienen las fichas, textos con letras pequeñas, información desactualizada, e incluso la falta de información en algunos procesos.

Por otro lado, la *pregunta 4* es la **3° mejor evaluada** de la sección *5.3.4 Ítem I: Área de trabajo.*, obteniendo una puntuación aceptable, por lo tanto se concluye que:

- Los trabajadores conocen la ficha que actualmente utilizan, situación positiva.

Es importante mencionar, pese – como ya se observó- a que los procesos actuales no faciliten las tareas o no estén actualizados, los trabajadores fueron **capaces de generar una alternativa de trabajo** que les acomoda - aunque no necesariamente eficiente - **,** basados en la experiencia del día a día.

La secuencia de trabajo de las fichas actualmente están ordenadas por tipo de trabajo eléctrico/mecánico que no son seguidas. En cambio, los técnicos implementan una forma de trabajo en función de la ubicación del tren (pruebas de entradas, interior

coche, bastidor lateral, bajo bastidor foso y pruebas de salida) y la carga de trabajo de dichas tareas, para así evitar que las actividades que toman mucho tiempo o son demorosas se repitan entre los grupos de distribución.

Es así como se desprende de este análisis otros hallazgos:

g) Al ejecutar una forma de trabajo distinta propuesta en las fichas, se dificulta la tarea de llevar las hojas, ya que su distribución no es la más adecuada. Dicha situación puede conllevar algunas situaciones como:
    - Posibilidad de olvido de los valores a utilizar (por ejemplo en torques)
    - Difícil registro de mediciones u otros valores cuando sea requerido

5.3.4.2 Herramientas

El subítem herramientas busca conocer el estado actual de estas y la forma que puede afectar el trabajo de mantenimiento a ejecutar. Obtuvo un promedio de 1,6 de 4 puntos, siendo una de las peores evaluadas en conjunto con *4. Condiciones ambientales y entorno*.

Se realizaron 8 preguntas y sus resultados se muestran en la *Ilustración 14. Diagrama de radar para Herramientas*:

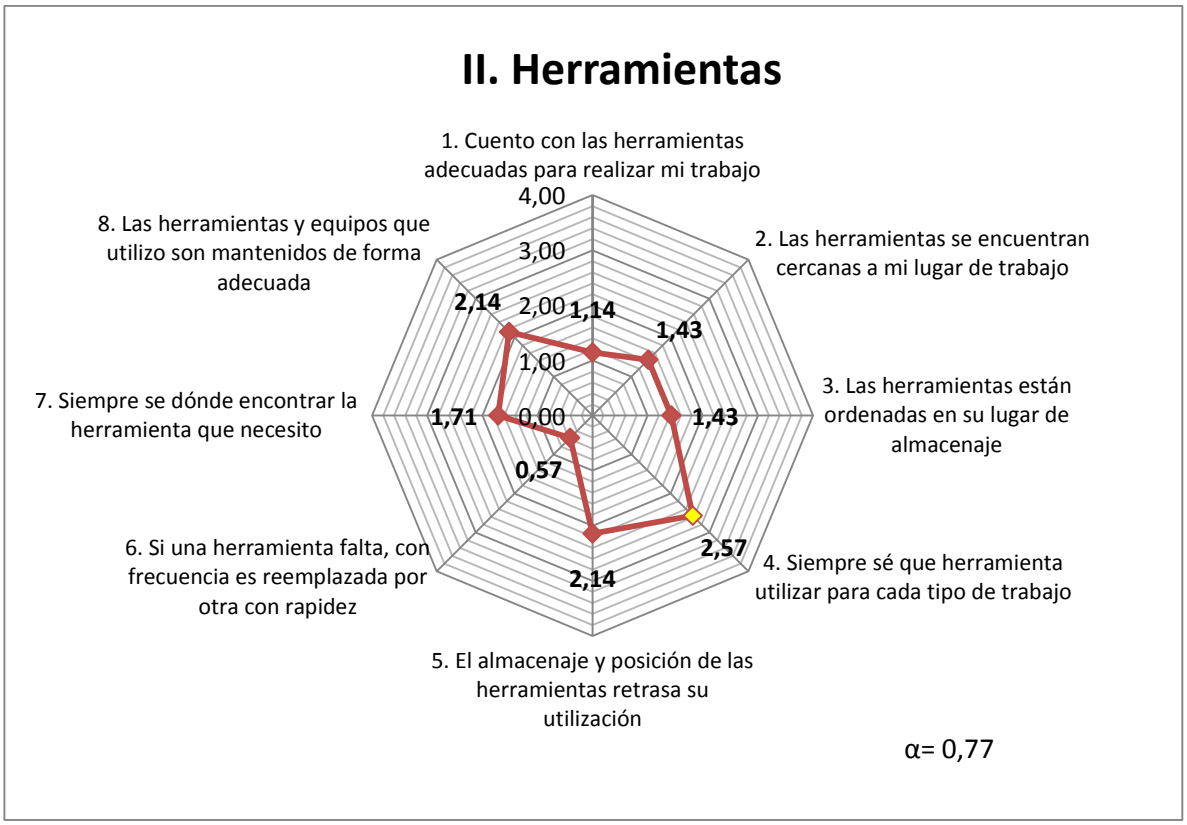

Ilustración 14. Diagrama de radar para Herramientas

Fuente: Elaboración propia

En la *Tabla 9* se presenta las preguntas peores evaluadas:

Tabla 9. Preguntas peor evaluadas en Herramientas

Pregunta	Puntuación
6. Si una herramienta falta, con frecuencia es reemplazada por otra con rapidez	**0,57**
1. Cuento con las herramientas adecuadas para realizar mi trabajo	**1,14**
2. Las herramientas se encuentran cercanas a mi lugar de trabajo	**1,43**
3. Las herramientas están ordenadas en su lugar de almacenaje	**1,43**
7. Siempre se dónde encontrar la herramienta que necesito	**1,71**

Es así como la pregunta *6. Si una herramienta falta, con frecuencia es reemplazada por otra con rapidez* resultó ser la **peor evaluada** dentro de *5.3.4 Ítem I: Área de*

trabajo. Le sigue la **3° peor** *1. Cuento con las herramientas adecuadas para realizar mi trabajo.*

Se observa que estas dos preguntas están ligadas, pues apuntan a la **ausencia** de herramientas. Además una es consecuencia de la otra; si una herramienta falta pero es reemplazada de forma lenta (*pregunta 6*), los técnicos pueden no contar con las herramientas adecuadas cuando se requiera (*pregunta 1*). Este hecho afecta directa o indirectamente en la productividad y calidad de servicio. Entonces es así que se desprende la siguiente situación:

h) Se genera un aumento de tiempos de trabajo de mantenimiento buscando o tratando de encontrar reemplazos a las herramientas requeridas.

Por otro lado, se puede ver afectada la calidad del mantenimiento, tanto:

- Directamente, al aumentar los tiempos de mantenimiento provocando que las tareas que le siguen deban ser ejecutadas de forma más apresurada.
- Indirectamente, ya que al no disponer de las herramientas adecuadas, la percepción por terceros y principalmente por el cliente, de los trabajos ejecutados, puede ser mal valorada.

Se destaca lo expresado por parte de los técnicos, en donde han descrito que reiteradas veces han tenido que recurrir al cliente para poder tener las herramientas y así completar los trabajos.

Respecto a las preguntas *2. Las herramientas se encuentran cercanas a mi lugar de trabajo, 3. Las herramientas están ordenadas en su lugar de almacenaje* y *7. Siempre se dónde encontrar la herramienta que necesito,* tienen como hilo conductor la **presencia** de las herramientas necesarias en el lugar de trabajo, por lo tanto arrojan otros hallazgos:

i) Si es que cuento con las herramientas que necesito, estas se encuentran desordenadas o en un lugar que no corresponde, generando un aumento de los tiempos en búsqueda de estas, que finalmente, se traducen en un aumento en los tiempos de mantenimiento.

j) Debido a que las herramientas se encuentran lejanas al lugar de trabajo, se generan excesos de desplazamientos.

A modo de ejemplificar dicha situación, se observó un cambio correctivo de un Shunt, que usualmente tarda 7 minutos con una persona, terminó demorando 24 minutos con 2 personas debido a lo señalado. En estricto rigor se pasó en términos de HH de 7 minutos a 48 minutos, lo que implica un aumento 41 minutos o en términos porcentuales, un incremento de un 486% para la misma tarea. Situaciones que se deben corregir en post de lograr un aumento de productividad del taller.

Así mismo y como consecuencia de que las herramientas no estén ordenadas se tiene que:

k) No existe claridad de cuántas herramientas existen actualmente, ni de las que se requieren, debido a que no se ha hecho un inventario de estas.

Generando un bucle ya que al no saber cuántas herramientas hay y por ende, las que se deben reemplazar, se vuelve al comienzo: *6. Si una herramienta falta, con frecuencia es reemplazada por otra con rapidez.*

Es así que por último se concluye:

l) Debido al desconocimiento de qué herramientas existen actualmente, pueden haber elementos críticos que necesitan reemplazo o repuestos y si es que no se tienen, pueden complicar las tareas de mantenimiento.

Por el contrario, en *Tabla 10. Preguntas mejor evaluadas en Herramientas*, se tiene:

Tabla 10. Preguntas mejor evaluadas en Herramientas

Pregunta	Puntuación
5. El almacenaje y posición de las herramientas retrasa su utilización	2,14
8. Las herramientas y equipos que utilizo son mantenidos de forma adecuada	2,14
4. Siempre sé que herramienta utilizar para cada tipo de trabajo	2,57

Pese a ello, dos de tres preguntas se encuentran en el rango de deficiente.

Se desprende de la *pregunta 5* que los técnicos no consideran relevante ni la posición de las herramientas ni el almacenaje de estas, pese a que señalaron:

- No siempre se cuenta con las herramientas adecuadas (*pregunta 1*)
- Las herramientas no siempre son reemplazadas con rapidez (*pregunta 6*)
- Las herramientas no se encuentran cercanas al lugar de trabajo (*pregunta 2*)
- Las herramientas no están ordenada en el lugar de almacenaje (*pregunta 3*)

Se considera que un correcto sistema de almacenaje podría contribuir a mejorar dichos puntos. Por ende se percibe, desde la visión de los técnicos, que los beneficios que puede traer la implementación de dicho sistema no es conocido o considerado relevante para el mantenimiento.

Los resultados de la pregunta *8. Las herramientas y equipos que utilizo son mantenidos de forma adecuada* obtuvo una puntuación deficiente. Sin embargo un correcto orden y limpieza en el lugar en donde se almacenan pueden contribuir a una mejor percepción de mantención. Así mismo, se considera que más que la mantención de las herramientas -exceptuando cuando lo amerite- es primordial contar con todos los elementos necesarios para efectuar un buen trabajo.

Para el caso de la pregunta *4. Siempre sé que herramienta utilizar para cada tipo de trabajo* el 72% señaló estar de acuerdo. Cifra que es positiva, y con una puntuación de 2,57 entra en el rango de aceptable, pero es mejorable. Es probable que al no contar con todas las herramientas baje la puntuación de esta pregunta. También puede dar indicios de que falta claridad en tareas más difíciles de qué elementos utilizar o sea necesario la implementación de procedimientos para tareas complejas o poco comunes.

5.3.4.3 Instrumentos

Este subítem buscaba conocer el estado de los instrumentos, su almacenaje y el conocimiento por parte de los técnicos de ellos, obteniendo una puntuación general de 1,9 de 4 pts. Contempló 4 preguntas:

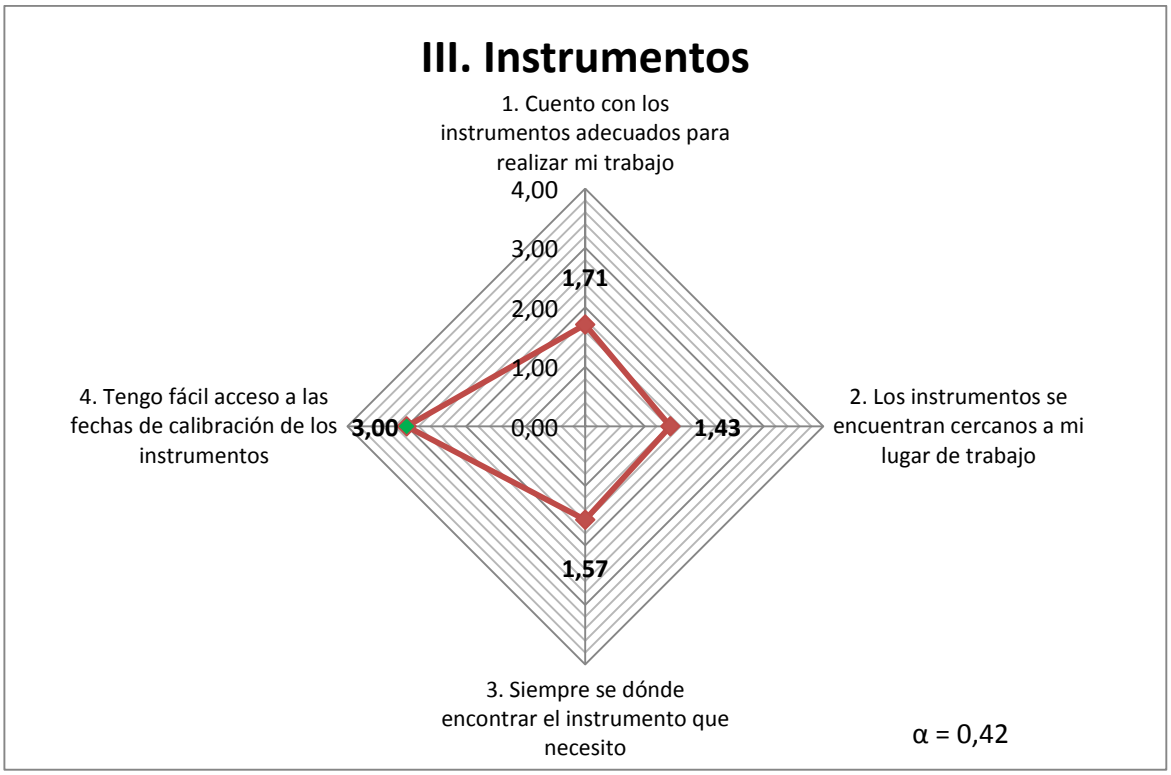

Ilustración 15. Diagrama radar de Instrumentos

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar tanto en la *Ilustración 15. Diagrama radar de Instrumentos* como en *Tabla 11*, la puntuación de los peores evaluados en este ítem fueron las siguientes:

Tabla 11. Preguntas peor evaluadas Instrumentos

Pregunta	Puntuación
2. Los instrumentos se encuentran cercanos a mi lugar de trabajo	1,43
3. Siempre se dónde encontrar el instrumento que necesito	1,57
1. Cuento con los instrumentos adecuados para realizar mi trabajo	1,71

Estas tres preguntas se repiten en el ítem herramientas. Si generamos una tabla comparativa, se observan valores similares:

Tabla 12. Tabla comparativa preguntas peor evaluadas Herramientas vs Instrumentos

Herramientas	Puntuación	Instrumentos	Puntuación
2. Las herramientas se encuentran cercanas a mi lugar de trabajo	1,43	2. Los instrumentos se encuentran cercanos a mi lugar de trabajo	1,43
7. Siempre se dónde encontrar la herramienta que necesito	1,71	3. Siempre se dónde encontrar el instrumento que necesito	1,57
1. Cuento con las herramientas adecuadas para realizar mi trabajo	1,14	1. Cuento con los instrumentos adecuados para realizar mi trabajo	1,71

Para el caso de la pregunta *2. Los instrumentos se encuentran cercanos a mi lugar de trabajo* la puntuación es igual, es así que se vuelve a llegar a similar conclusión y hallazgo que en el sub-ítem herramientas.

m) Debido a que los instrumentos se encuentran lejanos al lugar de trabajo, se generan excesos de desplazamientos.

Misma situación para la pregunta *3. Siempre se dónde encontrar el instrumento que necesito*.

n) Si es que cuento con los instrumentos que necesito, estos se encuentran desordenados o en un lugar que no corresponde, generando un aumento de los tiempos en búsqueda de estos y por ende en los tiempos de mantenimiento.

Para la pregunta *1. Cuento con los instrumentos adecuados para realizar mi trabajo* tiene una mejora respecto a las herramientas, sin embargo su puntuación sigue siendo menos de la mitad obteniendo 1,7 de 4 pts.

Nuevamente se destaca –al igual que para el caso de herramientas- que debe existir claridad cuántos instrumentos se tienen, cuántos están disponibles y cuántos están próximos a ser calibrados, a modo de contar siempre con ellos. Para ejemplificar dicha situación, actualmente existe un manómetro en funcionamiento, mientras que otro está en calibración. Considerando que la calibración demora entre 1 a 3 meses en el DICTUC, si llegase a fallar el que se encuentra en uso, se dificultaría las labores de medición de presión ya que no hay reemplazo.

o) Existen elementos críticos, como algunos instrumentos, que si fallan, no tienen reemplazo inmediato, dificultando el mantenimiento.

Por otro lado, la pregunta mejor evaluada fue:

Tabla 13. Preguntas mejor evaluadas Instrumentos

Pregunta	Puntuación
4. Tengo fácil acceso a las fechas de calibración de los instrumentos	3,00

Situación favorable, pues es importante tener la claridad de dicha información a modo de tener los instrumentos siempre de forma óptima para realizar las mediciones. Así mismo, esta pregunta **fue la mejor evaluada** dentro de la sección *5.3.4 Ítem I: Área de trabajo*.

5.3.4.4 Condiciones ambientales y entorno

Este subítem fue uno de los peores evaluados junto con *2. Herramientas*, obteniendo una puntuación de 1,6 de 4 puntos.

Constó de 5 preguntas como se puede apreciar en la *Ilustración 16. Diagrama radar condiciones ambientales y entorno:*

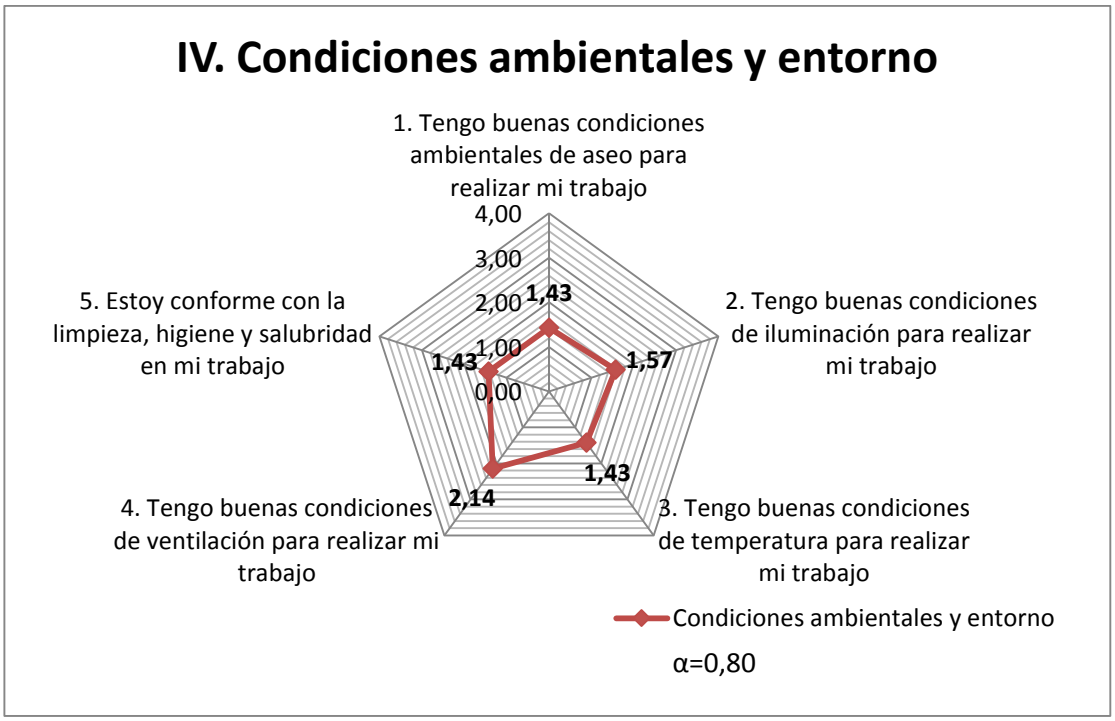

Ilustración 16. Diagrama radar condiciones ambientales y entorno

Fuente: Elaboración propia

Debido a la competencia de este informe, se decidió exponer los resultados de este subítem más que analizarlos. Se encuestó respecto a esta área ya que, de una u otra forma afecta al mantenimiento y puede dar luces de qué y cómo mejorar.

5.3.4.5 Sistema de marcaje

Este subítem terminó siendo el mejor evaluado de toda la sección *5.3.4 Ítem I: Área de trabajo*, obteniendo una puntuación general de 2,5 de 4 pts. Buscó obtener la percepción y opinión de los técnicos respecto al sistema actual de marcaje. Dicho sistema adquiere importancia a la hora de obtener los datos estadísticos de productividad, es por ello, que su correcta utilización y conocimiento puede contribuir a saber cómo se realiza el trabajo.

Constó de 4 preguntas, las que se muestran a continuación en *Ilustración 17. Diagrama radar sistema de marcaje*:

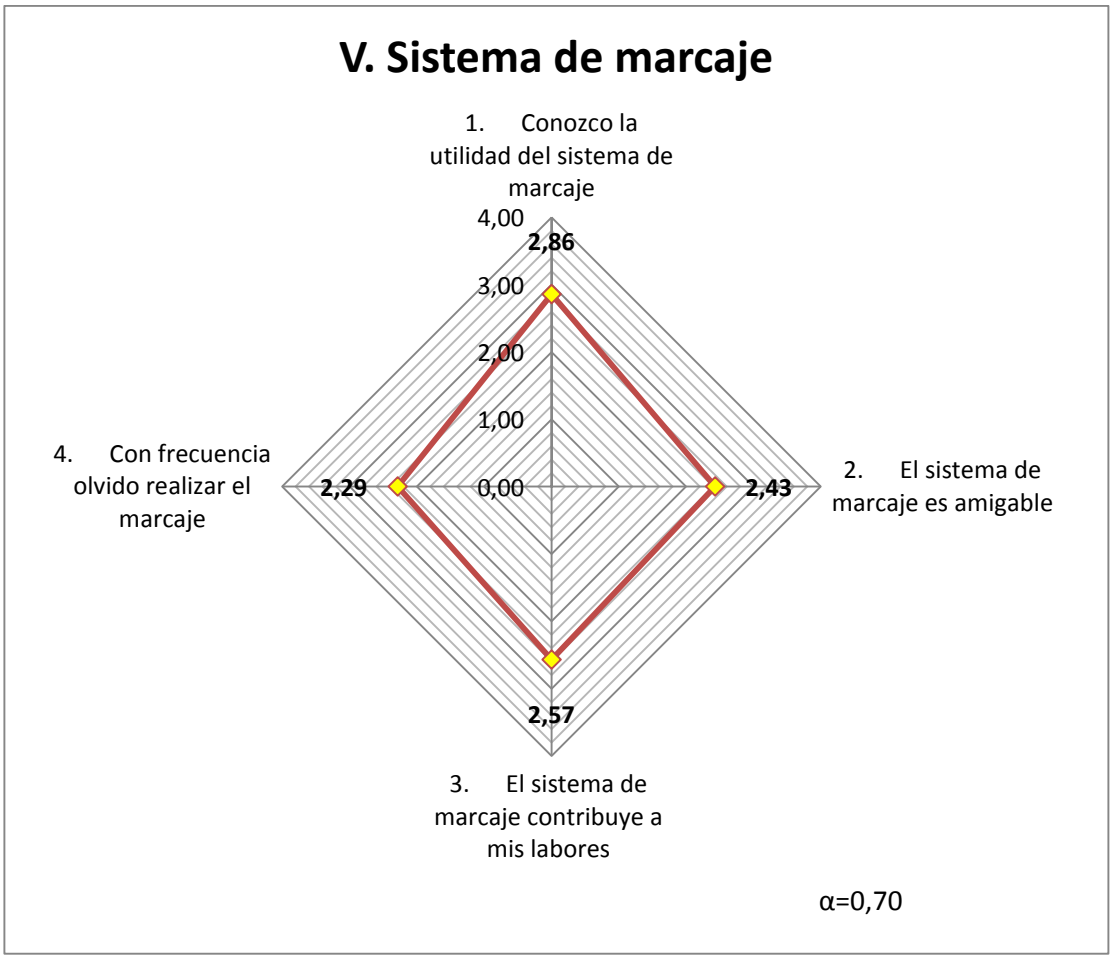

Ilustración 17. Diagrama radar sistema de marcaje

Fuente: Elaboración propia

Tabla 14. Preguntas mejor evaluadas Sistema de marcaje

Pregunta	Puntuación
4. Con frecuencia olvido realizar el marcaje	2,29
2. El sistema de marcaje es amigable	2,43
3. El sistema de marcaje contribuye a mis labores	2,57
1. Conozco la utilidad del sistema de marcaje	2,86

De *Tabla 14. Preguntas mejor evaluadas Sistema de marcaje*, se destaca que la pregunta *4. Con frecuencia olvido realizar el marcaje*, fue evaluada con puntuación a la inversa, esto quiere decir que mientras esté más cercana a los 4 puntos hay **menor frecuencia** en olvido de marcaje, mientras que más cercana a los 0 puntos, hay **mayor frecuencia** en olvido de marcaje. Obteniendo 2,29 de 4 puntos, la situación se considera deficiente, sin embargo da posibilidad de seguir mejorando. Para quienes señalan que el sistema de marcaje es amigable, la evaluación entró en el rango de aceptable, misma situación para la *pregunta 3*.

De la *pregunta 1. Conozco la utilidad del sistema de marcaje*, se desprende que en su gran mayoría los técnicos conocen la utilidad de este. Dicha pregunta obtuvo una puntuación de 2,86 siendo, globalmente, la **segunda mejor** dentro del ítem I) Área de trabajo, aun así se encuentra en el rango de aceptable.

5.3.5 Ítem II: Clima organizacional

De los 8 subítems evaluados, estos presentaron un promedio de 1,89 de 4 puntos, distribuidos como se muestra en *la Ilustración 18. Diagrama radar Clima Organizacional*:

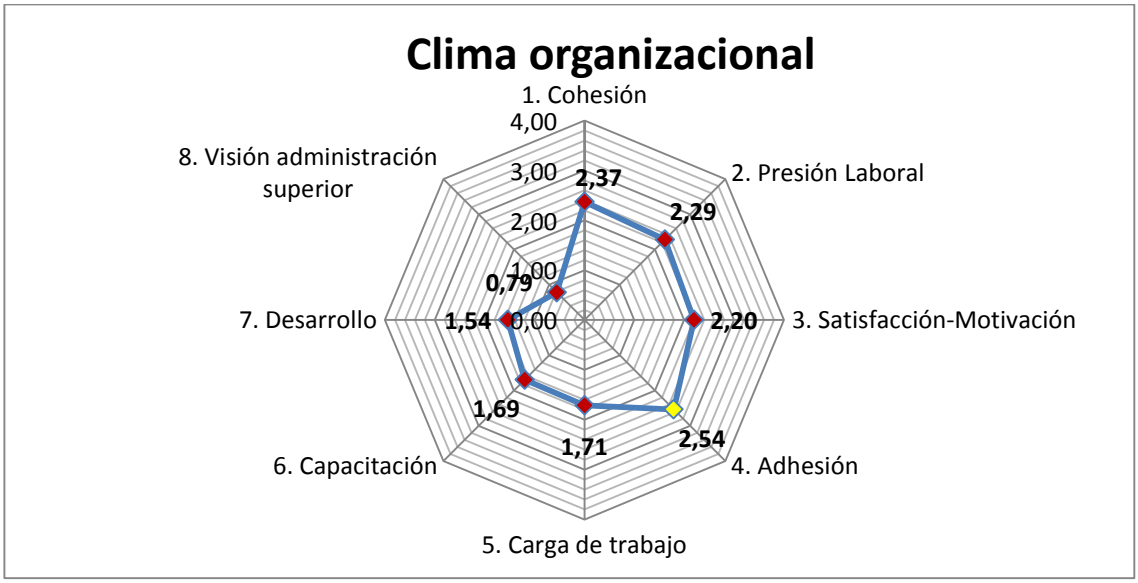

Ilustración 18. Diagrama radar Clima Organizacional

Fuente: Elaboración propia

Siendo la peor evaluada *8. Visión administración superior*, mientras que la mejor resultó ser *4. Adhesión.*

5.3.5.1 Cohesión

Este ítem buscó obtener la percepción de los trabajadores respecto a su grupo de trabajo. Se dividió en 10 preguntas y obtuvo un promedio de 2,48, **la segunda mejor puntuación** de la sección *5.3.5 Ítem II: Clima organizacional*:

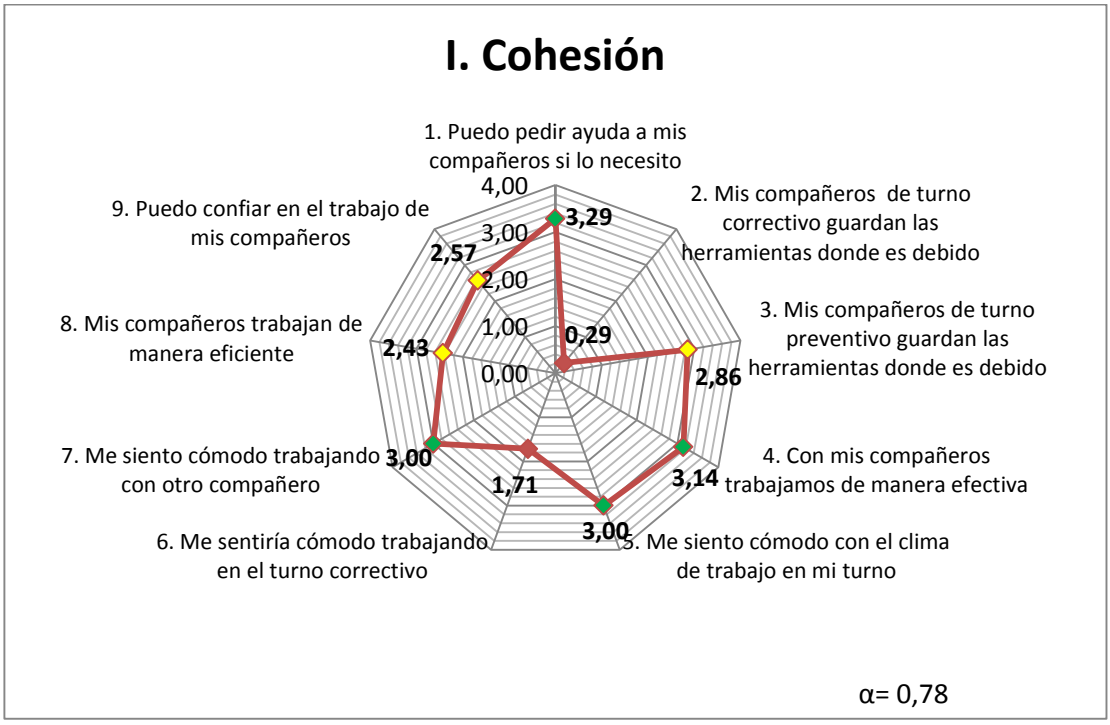

Ilustración 19. Diagrama radar Cohesión

Fuente: Elaboración propia

Sin embargo si se realiza un desglose de las preguntas en función de contenido se obtiene *Tabla 15. Preguntas orden creciente en Cohesión*:

Tabla 15. Preguntas orden creciente en Cohesión

Pregunta Turno Correctivo	Puntuación	Preguntas Turno Preventivo	Puntuación
2. Mis compañeros de turno correctivo guardan las herramientas donde es debido	0,29	8. Mis compañeros trabajan de manera eficiente	2,43
6. Me sentiría cómodo trabajando en el turno correctivo	1,71	9. Puedo confiar en el trabajo de mis compañeros	2,57
		3. Mis compañeros de turno preventivo guardan las herramientas donde es debido	2,86
		5. Me siento cómodo con el clima de trabajo en mi turno	3,00
		7. Me siento cómodo trabajando con otro compañero	3,00
		4. Con mis compañeros trabajamos de manera efectiva	3,14
		1. Puedo pedir ayuda a mis compañeros si lo necesito	3,29

Se destaca que *2. Mis compañeros de turno correctivo guardan las herramientas donde es debido* corresponde a **la 2° peor evaluada** de todas las preguntas de la sección *5.3.5 Ítem II: Clima organizacional*. Por otro lado y generando una comparación, la pregunta *3. Mis compañeros de turno preventivo guardan las herramientas donde es debido* fue una de las mejores evaluadas con 2,86 puntos.

Dicha puntuación viene a reafirmar las conclusiones presentadas en el subítem *5.3.4.2 Herramientas* y es una consecuencia directa. A saber, debido al desorden en que se encuentran estas, puede provocar eventuales situaciones de conflicto. Por ejemplo, es frecuente oír, tanto por parte de los trabajadores de correctivo, como de preventivo existe un desorden o pérdidas de herramientas debido al otro turno. Por lo tanto:

p) Un correcto orden de las herramientas, aparte de contribuir al aumento de productividad, podría traer un beneficio al clima laboral.

La pregunta *6. Me sentiría cómodo trabajando en el turno correctivo*, obtuvo 1,71 pts. de 4. Dicha puntuación resultó ser deficiente, sin embargo es importante

comprender que se puede deber a distintos factores, que van desde el horario laboral, hasta factores como el clima laboral con dicho turno.

Por otro lado las restantes 7 preguntas, obtuvieron una puntuación aceptable o buena, indicando que dentro del grupo de mantenimiento preventivo existe cohesión y buen clima laboral. Tanto la pregunta *1. Puedo pedir ayuda a mis compañeros si lo necesito* y *4. Con mis compañeros trabajamos de manera efectiva*, resultaron **ser la mejor y segunda mejor evaluada** del ítem II) Clima laboral.

Ellos mismos admiten que *8. Mis compañeros trabajan de forma eficiente* (con 2,43 puntos) y *4. Con mis compañeros trabajamos de manera efectiva* (3,14 puntos). Pese a ello, se hace énfasis en la pregunta 8, la que menor puntuación obtuvo en las preguntas de turno preventivo, en donde se tiene:

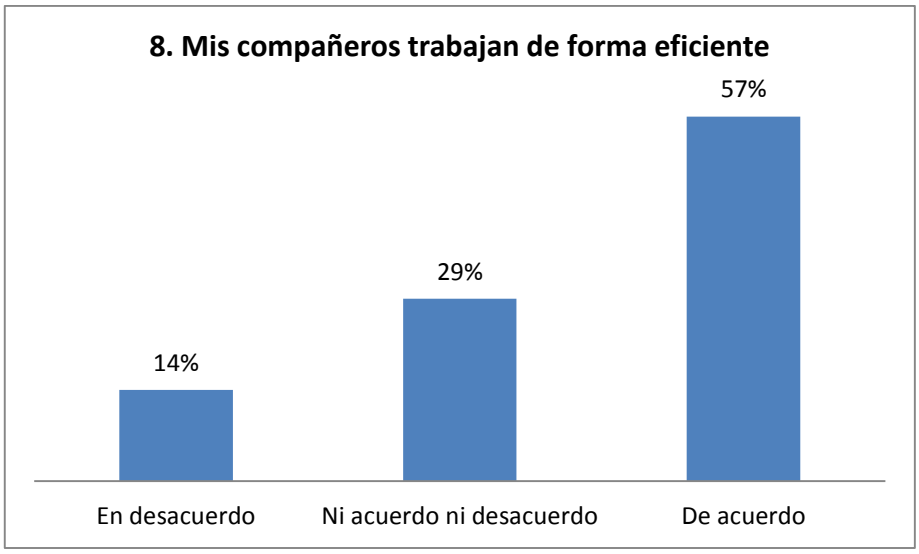

Ilustración 20. Distribución pregunta 8

Por lo tanto se concluye que:

q) La eficiencia para realizar el trabajo soporta mejoras desde visión de los técnicos.

Al evaluar con 2,43 de 4 puntos, admiten que se puede seguir mejorado y es más, ellos lo comprenden así.

5.3.5.2 Presión Laboral

Este subítem buscó determinar si los trabajadores sienten mucha presión laboral en condiciones normales y/o adversas. Se vuelve especialmente importante para comprender si el trabajo que realizan actualmente les está sobre exigiendo.

Este ítem constó de 4 preguntas, y obtuvo un promedio de 2,29 de 4 puntos. Ubicándose entre los **3 primeros mejores subítems evaluados** de la sección *5.3.5 Ítem II: Clima organizacional*

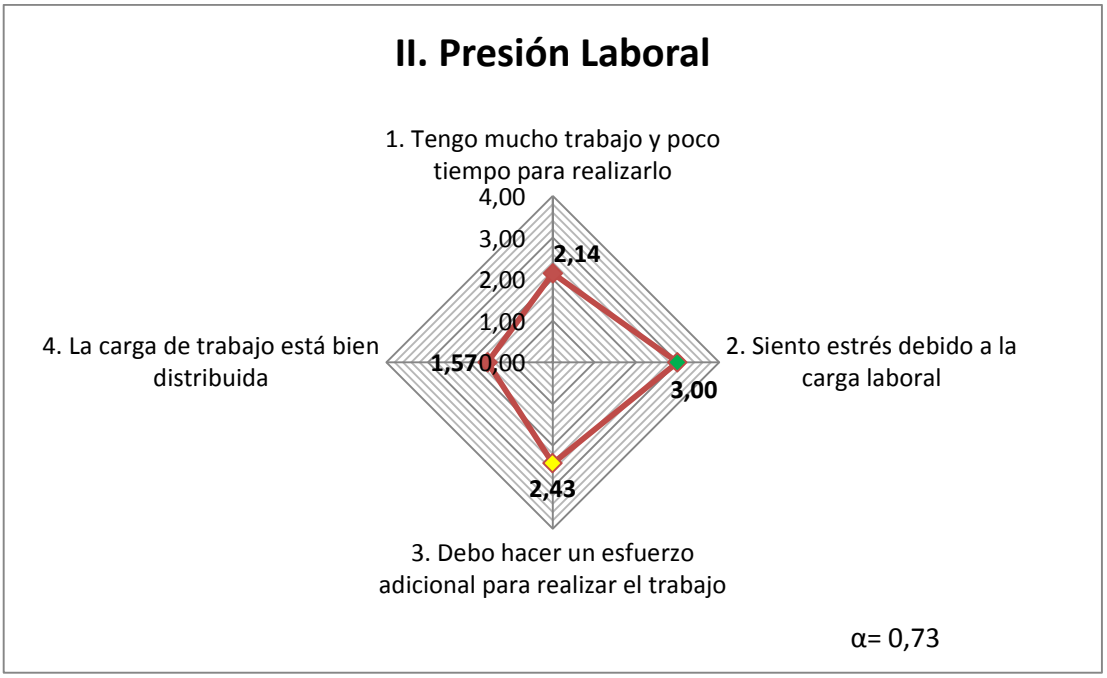

Ilustración 21. Diagrama radar Presión Laboral

Fuente: Elaboración propia

Si ordenamos de menor puntuación a mayor puntuación se obtiene *Tabla 16. Puntuación creciente Presión Laboral*:

Tabla 16. Puntuación creciente Presión Laboral

Pregunta	Puntuación
4. La carga de trabajo está bien distribuida	**1,57**

1. Tengo mucho trabajo y poco tiempo para realizarlo	**2,14**
3. Debo hacer un esfuerzo adicional para realizar el trabajo	**2,43**
2. Siento estrés debido a la carga laboral	**3,00**

Nuevamente se obtiene una baja puntuación de la pregunta *4. La carga de trabajo está bien distribuida,* similar puntuación a la pregunta *5. Las cargas de trabajo son distribuidas equilibradamente entre mis compañeros de trabajo* (1,71 pts.) de *5.3.4.1 Procedimientos* (ver hallazgo c), situación que dificulta la productividad.

Por otro lado, se destacan que las preguntas 1, 3 y 2 fueron evaluadas con puntuación a la inversa. Esto quiere decir que mientras más cercano a 4 serán mejores, mientras que más cercano a 0 serán peores.

Para el caso de las preguntas:

- *1. Tengo mucho trabajo y poco tiempo para realizarlo:* la respuesta estuvo dividida. Dentro de los encuestados se tiene que:

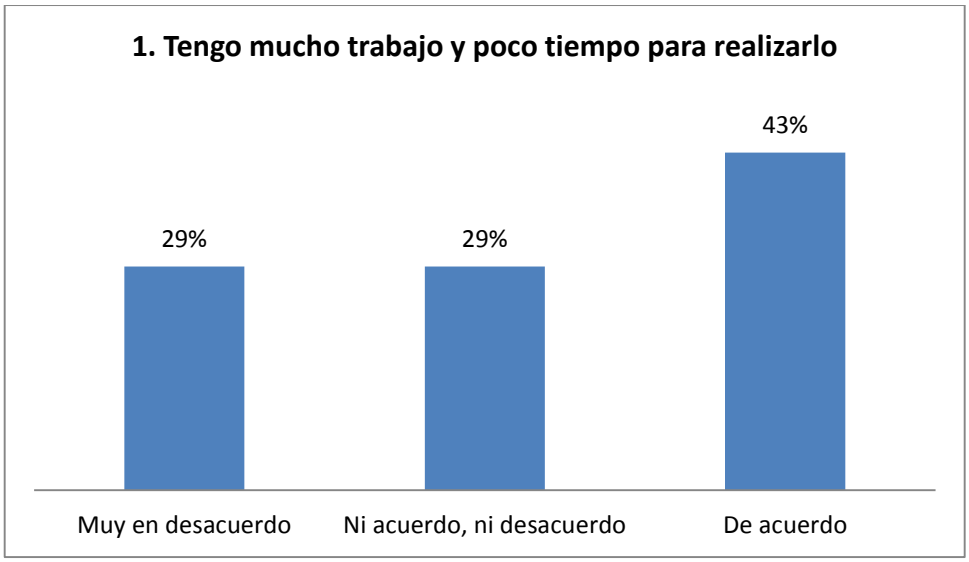

Ilustración 22. Distribución pregunta 1

Si se observa en detalle la *Ilustración 22*, un 29% señala estar muy en desacuerdo, mientras el otro 29% no se decide. Se puede concluir que la

percepción de tener mucho trabajo y poco tiempo no es mayoritaria. Pese a ello la puntuación es aceptable y es probable que vaya mejorando en conjunto con la industrialización del mantenimiento.

- *3. Debo realizar un esfuerzo adicional para realizar el trabajo:*
  Solo el 29% de los encuestados estuvo de acuerdo con esta pregunta. Por lo tanto, se concluye que en su mayoría los trabajadores no deben hacer un esfuerzo adicional para realizar las tareas:

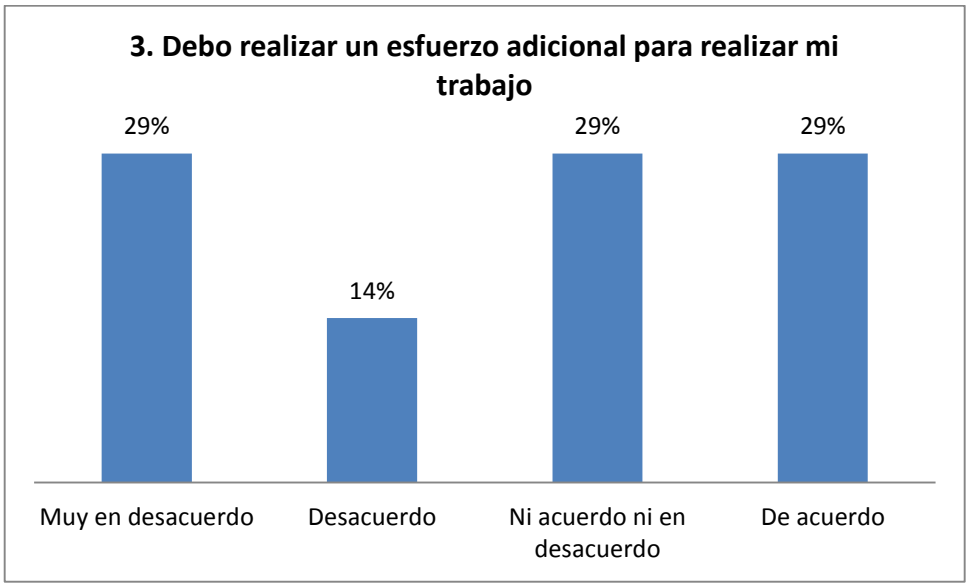

Ilustración 23. Distribución pregunta 3

Sin embargo ese 29% que sí admitió hacerlo, puede tener como causa raíz lo concluido en *5.3.4.1 Procedimientos*, hallazgo C. Esta pregunta se encuentra en el rango de aceptable.

- *2. Siento estrés debido a la carga laboral* :
  El 72% de los trabajadores señala estar en desacuerdo como se puede ver en la *Ilustración 24*:

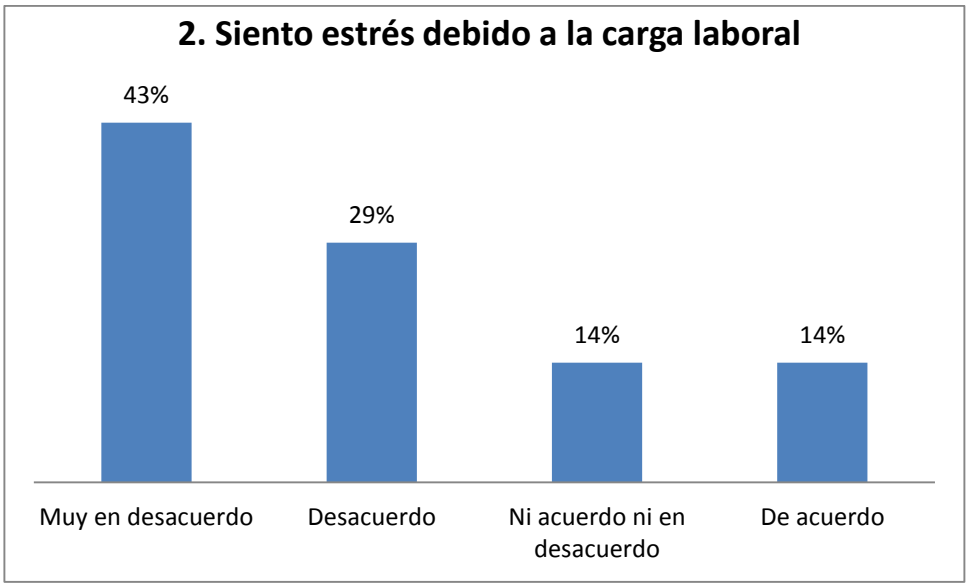

Ilustración 24. Distribución pregunta 2

Hecho que da cuenta un bajo estrés, acontecimiento que es considerado bueno. Esta pregunta resultó una de las mejores evaluadas del ítem II) Clima Organizacional.

5.3.5.3 Satisfacción – Motivación y Adhesión

Los siguientes dos sub-ítems, se muestran en conjunto debido a su similitud. El subítem *Satisfacción-Motivación* contó de 5 preguntas, mientras que *Adhesión* contó de 4 preguntas. Al igual que *5.3.4.4 Condiciones ambientales y entorno*, se buscó conocer la percepción de los trabajadores en estas áreas y obtener indicios de qué y cómo mejorar, más que la realización de un análisis exhaustivo.

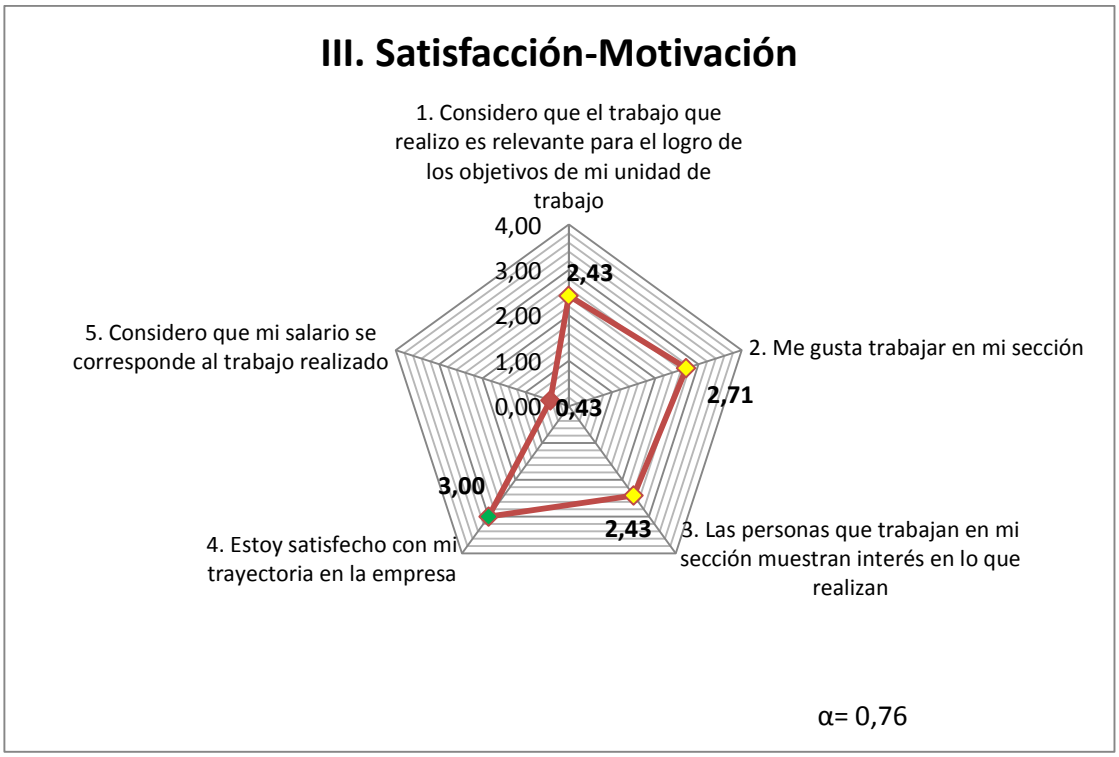

Ilustración 25. Diagrama radar Satisfacción – Motivación

Fuente: Elaboración propia

La pregunta *5. Considero mi salario se corresponde al trabajo realizado*, corresponde a la pregunta **peor evaluada** en la sección *5.3.5 Ítem II: Clima organizacional* con 0 puntos. No obstante, se tiene que:

- el 57% declara que *3. Las personas que trabajan en mi sección muestran interés en lo que realizan.*
- el 72% de los técnicos declara estar de acuerdo con *2. Me gusta trabajar en mi sección*, y
- el 85% declara *4. Estar satisfecho con mi trayectoria en la empresa.*

Por otro lado, los resultados de *Adhesión* se presentan en la *Ilustración 26* a continuación:

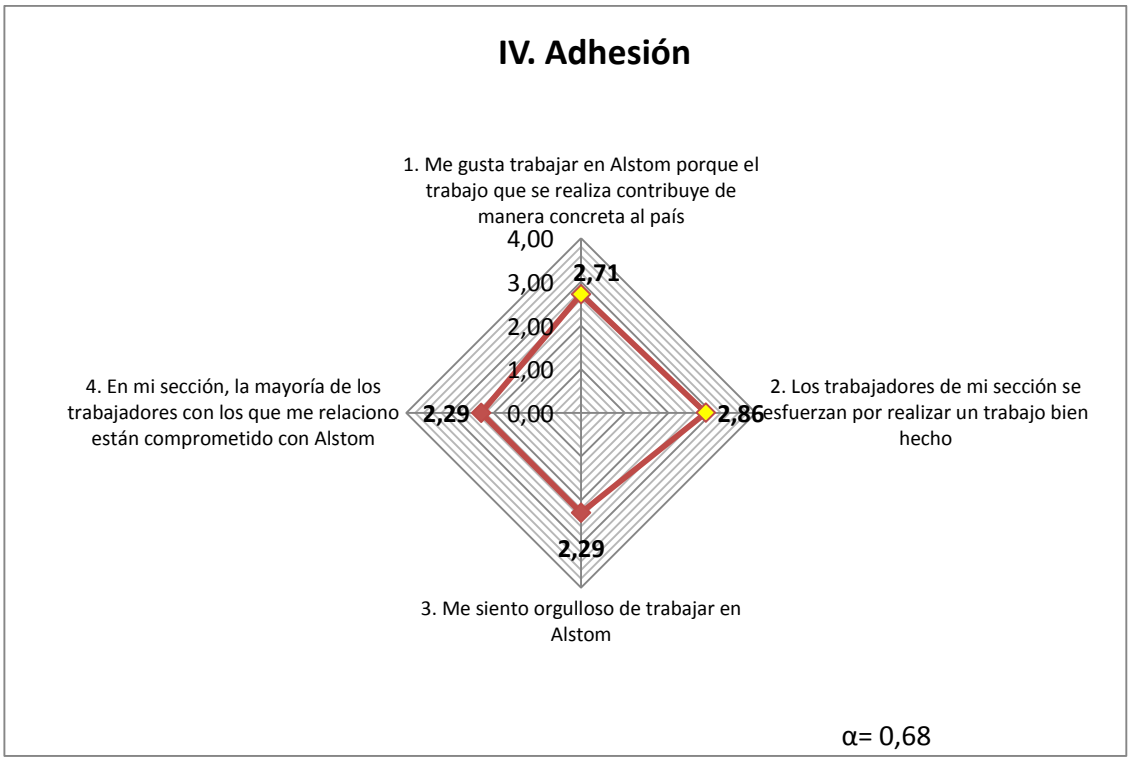

Ilustración 26. Diagrama radar Adhesión

Fuente: Elaboración propia

Se observa una adhesión aceptable por parte de los técnicos a las labores desempeñadas (pregunta 1 y 2), sin embargo esta es deficiente cuando se trata de la compañía (pregunta 4 y 3).

5.3.5.4 Carga de trabajo

Este subítem buscó conocer la percepción de los trabajadores respecto a su carga de trabajo actual. El enfoque de las preguntas va desde las facilidades de información que reciben para realizarlo, pasando por el trabajo propiamente tal, hasta el resultado final entregado al cliente.

Constó de 9 preguntas y obtuvo una puntuación general de 1,71.

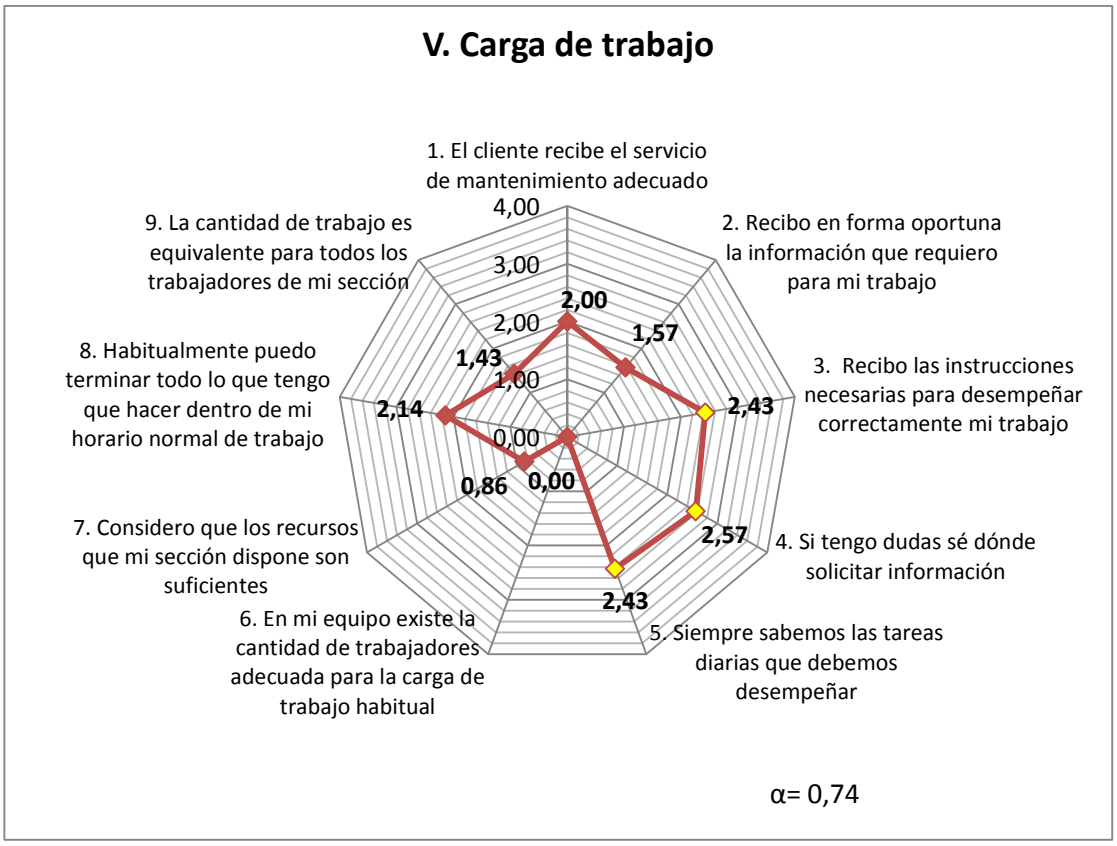

Ilustración 27. Diagrama radar Carga de trabajo

Fuente: Elaboración propia

Las preguntas estuvieron dividas en **Información que recibo para mi trabajo**, **Equipo de trabajo** y **Trabajo final**:

Tabla 17. Puntuación Creciente Información que recibo en mi trabajo

Información que recibo en mi trabajo	Puntuación
2. Recibo en forma oportuna la información que requiero para mi trabajo	1,57
3. Recibo las instrucciones necesarias para desempeñar correctamente mi trabajo	2,43
5. Siempre sabemos las tareas diarias que debemos desempeñar	2,43
4. Si tengo dudas sé dónde solicitar información	2,57

Dentro de la peor evaluada en **Información que recibo para mi trabajo** se tiene la *pregunta 2.* Se ha observado que en ciertas situaciones los técnicos no son informados adecuadamente (independientemente si dicha información es enviada o no) como por ejemplo – y como ya se vio-, para la distribución correcta cargas de trabajo o con una secuencia de trabajo.

Hay ocasiones en donde no existe claridad de cuándo llegarán los materiales o "*Missing parts*" para realizar su trabajo, y fruto de esto, comienza una especulación constante entre el grupo que va generando un ambiente de quejas y sensación de despreocupación por parte de la administración. A la inversa, hay ocasiones puntuales en donde los técnicos no informan que faltan materiales para realizar su trabajo. Esto tiene como consecuencia un empeoramiento del clima laboral en general, ya que existe:

- Desinformación
- Aumento de quejas
- Sensación de despreocupación y mala percepción de la administración
- Falta de información oportuna cuando se requiera (tanto por administración como por el lado de los técnicos)

Situación que debería tener importancia y hay que corregir. Por lo tanto se concluye que:

r) Es necesario revisar los canales de comunicación e información. Un correcto flujo de información entre la administración ←→ técnicos puede contribuir a mejorar el clima laboral, mejorar la percepción de la administración y manejar información oportuna y veraz.

Tanto la pregunta *3, 5 y 4* tienen calificación aceptable y se presume que la estandarización de procesos puede contribuir a seguir mejorando estos indicadores.

Por otro lado, para la sección **Equipo de trabajo** se tiene la siguiente distribución mostrada *Tabla 18. Puntuación creciente Equipo de trabajo:*

Tabla 18. Puntuación creciente Equipo de trabajo

Equipo de trabajo	Puntuación
6. En mi equipo existe la cantidad de trabajadores adecuada para la carga de trabajo habitual	0,00
7. Considero que los recursos que mi sección dispone son suficientes	0,86
9. La cantidad de trabajo es equivalente para todos los trabajadores de mi sección	1,43
8. Habitualmente puedo terminar todo lo que tengo que hacer dentro de mi horario normal de trabajo	2,14

La *pregunta 6* resultó ser **la peor evaluada** de la sección *5.3.5 Ítem II: Clima organizacional* y de la encuesta completa. Es una constante queja –que se encuentra bastante generalizada- desde varios meses por parte de los técnicos del mantenimiento preventivo. Es común oír de parte de ellos que les falta gente, que el trabajo es mucho, que la carga laboral es elevada, entre otras cosas.

Por medio de esta encuesta se demostró que la presión laboral no es el ítem más crítico, que el estrés laboral es bajo y se observó que existe motivación con el trabajo, y adhesión a la compañía.

Sin embargo y como contraparte, se encontró una constante con las preguntas relacionadas a la distribución de los trabajos entre el equipo, siendo las que menos puntuación obtuvieron. Por ejemplo, en el punto *5.3.5.2 Presión Laboral* se observó que no existe un consenso claro a la pregunta *1. Tengo mucho trabajo y poco tiempo para realizarlo.* La encuesta también arrojó que no existe claridad en cuánta gente debe realizar cada actividad y que los trabajadores fueron capaces de generar una alternativa a los procedimientos basada en la experiencia del trabajo.

O como también se concluyó en *5.3.4.1 Procedimientos: a) Los actuales procedimientos internos no facilitan la ejecución de las tareas.* Siguiendo la misma línea, se obtuvo como conclusión *d) No existe una internalización clara de los procedimientos de trabajo, pues nunca se han implementado en el grupo de trabajo*

Fruto de todo esto se considera que:

- Se genera una contradicción: Por un lado existe una relativa baja presión laboral, bajo estrés, buenos índices aceptables de motivación y adhesión, pero por otro, una queja constante de falta de personal, de mala distribución de los trabajos o procedimientos internos que no facilitan la ejecución de las tareas.

Fruto de todo esto se considera que la contratación de personal adicional no necesariamente contribuirá a mejorar dichas falencias. Entonces se concluye que:

s) Es necesario una reevaluación de los procedimientos, así como de la ficha de operación estándar. Se debe tener como objetivo optimizar estos a modo de aumentar su eficiencia y por consecuencia la productividad del taller, además de una correcta distribución de la carga de trabajo hacia los técnicos.

t) Una mejora en la ejecución de los procesos y una correcta distribución de los trabajos puede tener un impacto transversal que puede contribuir a mejorar desde la productividad hasta el clima laboral.

u) Un correcto estudio de los procesos que se llevan a cabo en el taller, puede llegar a clarificar concretamente si es necesaria gente adicional, y si así lo fuese cuánta.

La pregunta *7. Considero que los recursos que mi sección dispone son suficientes* se liga a este análisis.

La pregunta *9. La cantidad de trabajo es equivalente para todos los trabajadores de mi sección* nuevamente obtiene una puntuación baja en lo relativo a la distribución de la carga de trabajo, es así que nuevamente se llega al hallazgo c) descrito en *5.3.4.1 Procedimientos*

Por último, la pregunta *8. Habitualmente puedo terminar todo lo que tengo que hacer dentro de mi horario normal de trabajo* obtuvo una puntuación deficiente, situación que debiera mejorar con lo ya comentado.

Finalmente para **Trabajo final**, correspondiente a la percepción por parte de los técnicos del trabajo que es realizado por parte de ellos, se obtuvo la *Tabla 19*:

Tabla 19. Puntuación trabajo final

Trabajo Final	Puntuación
1. El cliente recibe el servicio de mantenimiento adecuado	2,00

La *pregunta 1* obtuvo una puntuación 2 de 4 puntos, evaluación deficiente. Esto se puede deber principalmente a los factores ya mencionados durante este informe (principalmente falta de procedimientos, falta de distribución de cargas de trabajo y falta de herramientas)

Sin embargo se ha observado que también puede tener como causa la falta de materiales necesarios para reparar el tren.

5.3.5.5 Capacitación, Desarrollo y Visión administración superior

Estos 3 subítems fueron los 3 peor evaluados en el ítem II) Clima organizacional:

Tabla 20. Subítems peor evaluados en II) Clima organizacional

Subítems	Puntuación
VI. Capacitación	1,69
VII. Desarrollo	1,54
VIII. Visión administración superior	0,79

Al igual que para el caso *5.3.4.4 Condiciones ambientales y entorno*, como *5.3.5.3 Satisfacción – Motivación y Adhesión* se buscó conocer estos puntos más que realizar una análisis exhaustivo de ellos.

A continuación se presentan la *Ilustración 28. Diagrama radar Capacitación*, *Ilustración 29. Diagrama radar Desarrollo* y la *Ilustración 30. Diagrama radar Visión administración superior*.

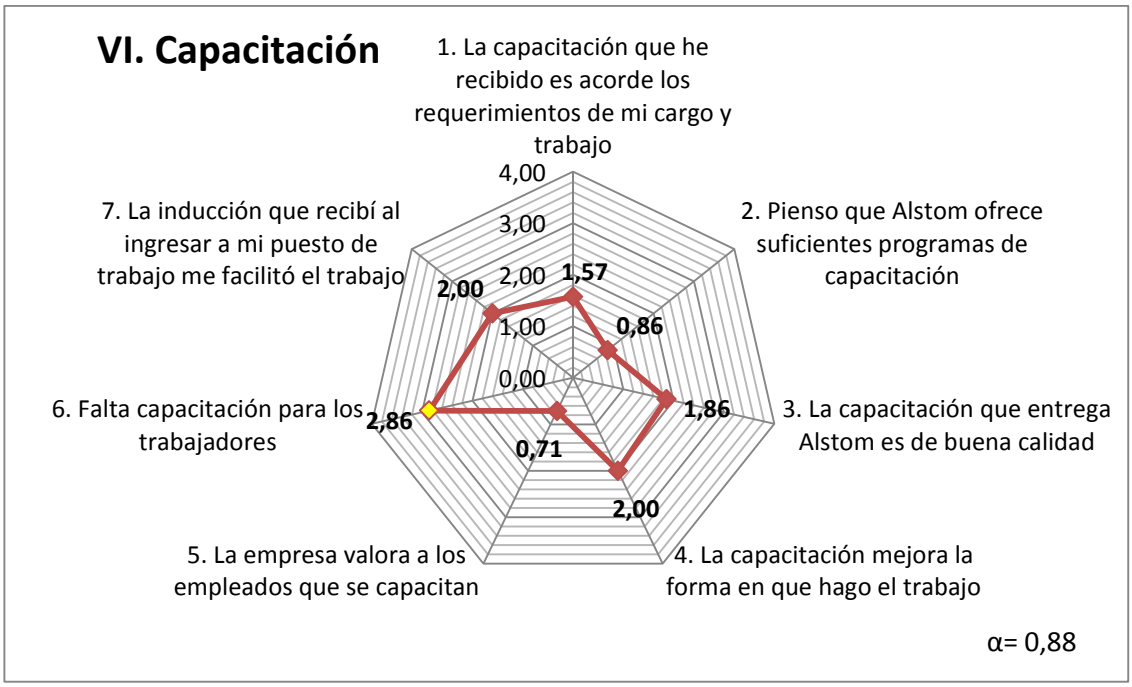

Ilustración 28. Diagrama radar Capacitación

Fuente: Elaboración propia

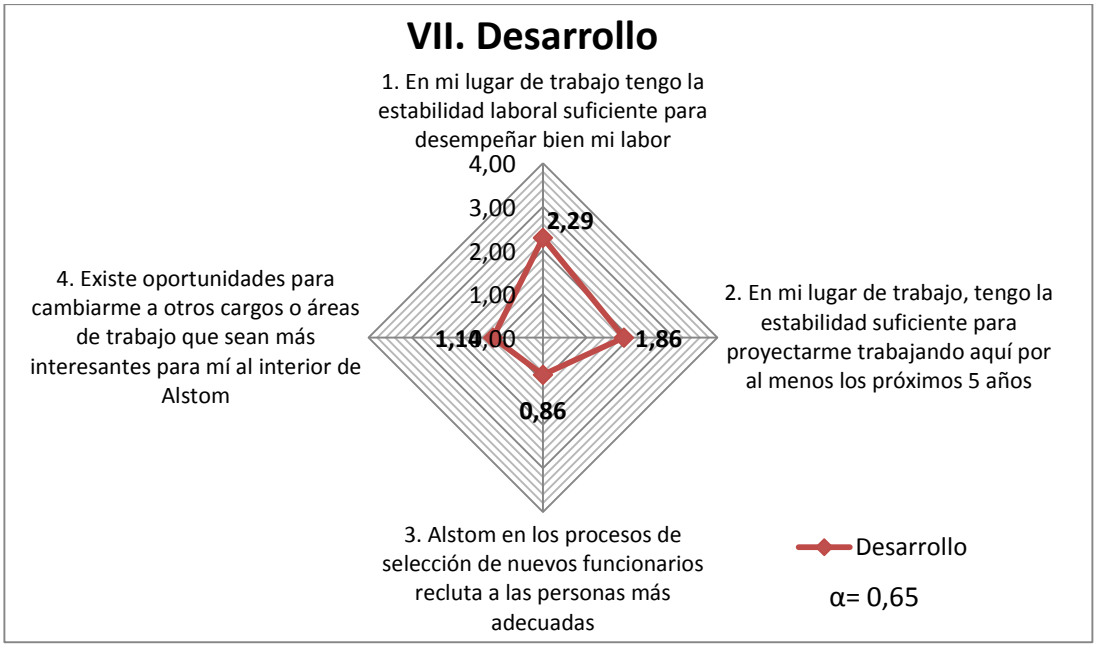

Ilustración 29. Diagrama radar Desarrollo

Fuente: Elaboración propia

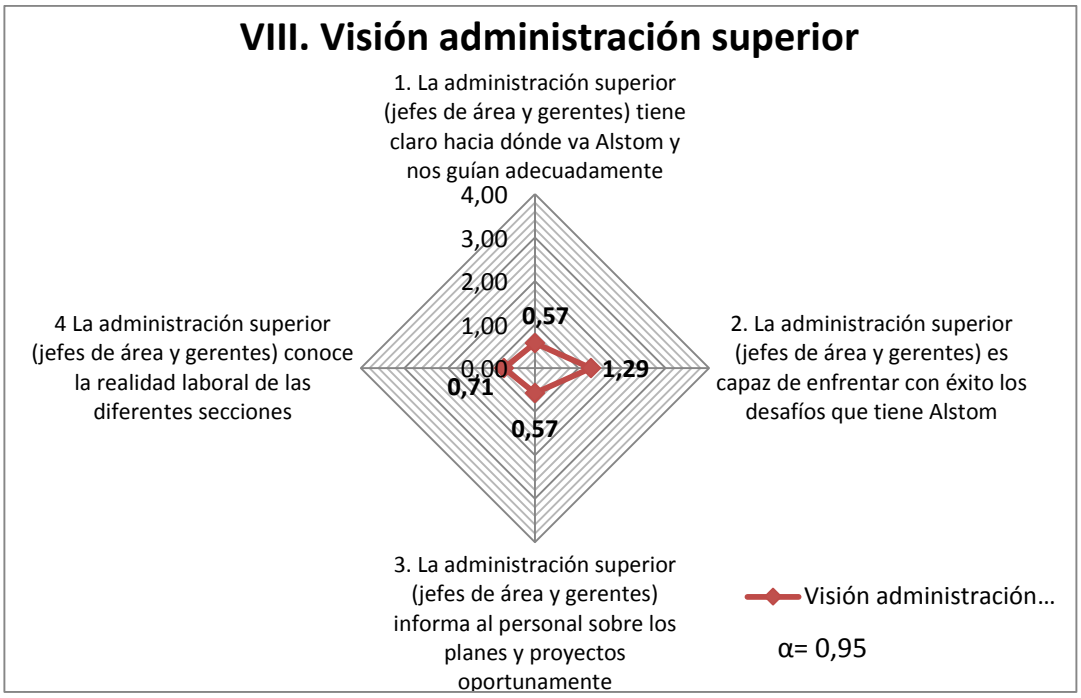

Ilustración 30. Diagrama radar Visión administración superior

Fuente: Elaboración propia

5.4 Conclusiones de la encuesta

Para concluir se enumerará el listado de hallazgos y su acción correctiva sugerida:

Tabla 21. Tabla de hallazgos y acciones correctivas sugeridas

Hallazgo	Acción Correctiva Sugerida
a) Los procedimientos internos no facilitan la ejecución de las tareas, ya que en muchos casos no son claros, no existen o requiere una actualización de la información que poseen a modo de simplificar su comprensión	• Analizar la forma de trabajo que es realizada actualmente por parte de los técnicos. • Generar una propuesta de ficha de operación estándar teniendo en cuenta. ➢ Cargas de trabajo distribuidas equilibradamente ➢ Tiempos ➢ Cantidad de herramientas requeridas ➢ Número de personas ➢ Actualización de tareas, actividades y procedimientos.
b) No existe claridad de cómo se debe distribuir las HH para realizar el mantenimiento	
c) Las cantidades de trabajo no son distribuidas equilibradamente, por ende, pueden existir técnicos que realicen más HH que otros, fomentando la productividad de algunos, pero no del grupo completo.	
d) No existe una internalización clara de los procedimientos de trabajo, pues nunca se han implementado en el grupo de trabajo.	

e) Al no tener internalizado los procedimientos todos los trabajadores del turno, afecta directamente los tiempos y productividad del mantenimiento, así como la distribución y cargas de trabajo.	• Evaluación y aprobación de la ficha de operación estándar. • Implementación de la ficha de operación estándar. • Capacitación a los técnicos respecto a la nueva forma de realizar las tareas
f) Un correcto rediseño de ficha debe considerar mejorar el acceso a la información de forma rápida y fácil para los técnicos.	Una vez definida la ficha de operación estándar: • Generar un nuevo diseño de Fichas de trabajo, que tenga como enfoque: a) Fácil acceso, legibilidad y orden b) Que cumpla con una secuencia de trabajo c) fácil distribución por tipo de trabajo d) Actualización de la información para actividades que lo requieran. • Capacitación a los técnicos respecto a la nueva fichas de trabajo
g) Al ejecutar una forma de trabajo distinta propuesta en las fichas, se dificulta la tarea de llevar las hojas, ya que su distribución no es la más adecuada, generando situaciones como: ➢ Posibilidad de olvido de los valores a utilizar (por ejemplo en torques) ➢ Difícil registro de mediciones u otros valores cuando sea requerido	
h) Se genera un aumento de tiempos de trabajo de mantenimiento buscando o tratando de encontrar reemplazos a las herramientas requeridas.	• Generar un nuevo diseño para el orden de las herramientas. Dentro de las alternativas se puede considerar: ➢ Carro Móvil ➢ Herramientas transportables ➢ Otro • El diseño para el orden de las herramientas debe contemplar ser: a) Móvil para evitar excesos de desplazamientos b) Fácil de transportar c) Fácil en encontrar herramientas d) Fácil en saber cuántas herramientas hay e) Visual • Generar un inventario de las herramientas y “machinas”. • Averiguar qué herramientas y machinas son críticas y requieren repuesto.
i) Si es que cuento con las herramientas que necesito, estas se encuentran desordenadas o en un lugar que no corresponde, generando un aumento de los tiempos en búsqueda de estas, que finalmente, se traducen en un aumento en los tiempos de mantenimiento.	
j) Debido a que las herramientas se encuentran lejanas al lugar de trabajo, se generan excesos de desplazamientos.	
k) No existe claridad de cuántas herramientas existen actualmente, ni de las que se requieren, debido a que no se ha hecho un inventario de estas.	
l) Debido al desconocimiento de qué herramientas existen actualmente, pueden haber elementos críticos que necesitan reemplazo o repuestos y si es que no se tienen, pueden complicar las tareas de mantenimiento.	
m) Debido a que los instrumentos se encuentran lejanos al lugar de trabajo, se generan excesos de desplazamientos.	• Evaluar una forma de acercar los instrumentos a los trabajadores a

n) Si es que cuento con los instrumentos que necesito, estos se encuentran desordenados o en un lugar que no corresponde, generando un aumento de los tiempos en búsqueda de estos y por ende en los tiempos de mantenimiento.	modo de evitar excesos de desplazamientos. • Generar un lugar y ordenamiento fijo para los instrumentos.
o) Existen elementos críticos, como algunos instrumentos, que si fallan, no tienen reemplazo inmediato, dificultando el mantenimiento.	• Ver situación de instrumentos críticos sin repuestos y analizar si amerita recambios.
p) Un correcto orden de las herramientas, aparte de contribuir al aumento de productividad, podría traer un beneficio al clima laboral.	--
q) La eficiencia para realizar el trabajo soporta mejoras desde visión de los técnicos.	--
r) Es necesario revisar los canales de comunicación e información. Un correcto flujo de información entre la administración ← → técnicos puede contribuir a mejorar el clima laboral, mejorar la percepción de la administración, y lo más importante y manejar información oportuna y veraz.	• Revisar los canales de comunicación. Cerciorarse de que la información sea correctamente recibida cuando se requiera. • Reforzar canales de comunicación, por ejemplo en reuniones y resumen de jornada enviado por supervisor. • Coordinación de bodega informar oportunamente la fecha de llegada de materiales.
s) Es necesario una reevaluación de los procedimientos, así como de la ficha de operación estándar. Se debe tener como objetivo optimizar estos a modo de aumentar su eficiencia y por consecuencia la productividad del taller, además de una correcta distribución de la carga de trabajo hacia los técnicos.	• Analizar la forma de trabajo que es realizada actualmente por parte de los técnicos. • Generar una propuesta de ficha de operación estándar teniendo en cuenta. ➢ Cargas de trabajo distribuidas equilibradamente ➢ Tiempos ➢ Cantidad de herramientas requeridas ➢ Número de personas ➢ Actualización de tareas, actividades y procedimientos. • Evaluación y aprobación de la ficha de operación estándar. • Implementación de la ficha de operación estándar. • Capacitación a los técnicos respecto
t) Una mejora en la ejecución de los procesos y una correcta distribución de los trabajos puede tener un impacto transversal que puede contribuir a mejorar desde la productividad hasta el clima laboral.	
u) Un correcto estudio de los procesos que se llevan a cabo en el taller, puede llegar a clarificar concretamente si es necesaria gente adicional, y si así lo fuese cuánta.	

	a la nueva forma de realizar las tareas.

Fuente: Elaboración propia

5.5 Jerarquización de brechas y hallazgos.

Además es importante observar la predominancia de las brechas y hallazgos encontrados en la encuesta, es así que se generó la siguiente tabla según la clasificación de los 7 desperdicios:

Tabla 22. Brechas y hallazgos fruto de la encuesta en función del tipo de desperdicio

N°	Problema	Tipo de desperdicio
1	Inventario desactualizado de herramientas	Inventario
2	Se desconoce qué herramientas son críticas y requieren repuesto	Esperas
3	Herramientas se encuentran desordenadas en el lugar de trabajo	Esperas
4	Constantemente existe pérdida de herramientas	Esperas
5	Hay excesivo desplazamiento de los trabajadores para encontrar las herramientas	Desplazamientos
6	Inventario desactualizado de machinas	Inventario
7	Se desconoce qué machinas son críticas y requieren repuesto	Esperas
8	Trabajadores señalan no contar con todos los instrumentos adecuados para realizar su trabajo	Inventario
9	Hay instrumentos que actualmente no tienen reemplazo inmediato	Inventario
10	Hay excesivo desplazamiento de los trabajadores para encontrar los instrumentos	Desplazamientos
11	No existe un lugar fijo para dejar los instrumentos	Inventario
12	Existen tareas en el mantenimiento que deben ser actualizadas.	Procesos
13	No existe ficha de operación estándar	Procesos
14	Los técnicos generaron su propio sistema de trabajo	Esperas
15	Las cargas de trabajo no son distribuidas	Procesos

	equilibradamente entre el grupo de técnicos	
16	Fichas de trabajo no se encuentran actualizadas	Procesos
17	Fichas de trabajo carecen de una secuencia que facilite la distribución de tareas de mantenimiento para los técnicos	Procesos
18	El diseño de la ficha de trabajo está sobrecargada, dificultando su legibilidad.	Procesos
19	Falta de materiales (missing parts) son reportados, sin embargo la información no es correctamente recibida, demorando la sustitución de estos elementos.	Inventario

Fuente: Elaboración propia

Para analizar la predominancia de los desperdicios en el Taller Lo Ovalle es que se ha generado un diagrama Pareto, que se presenta a continuación:

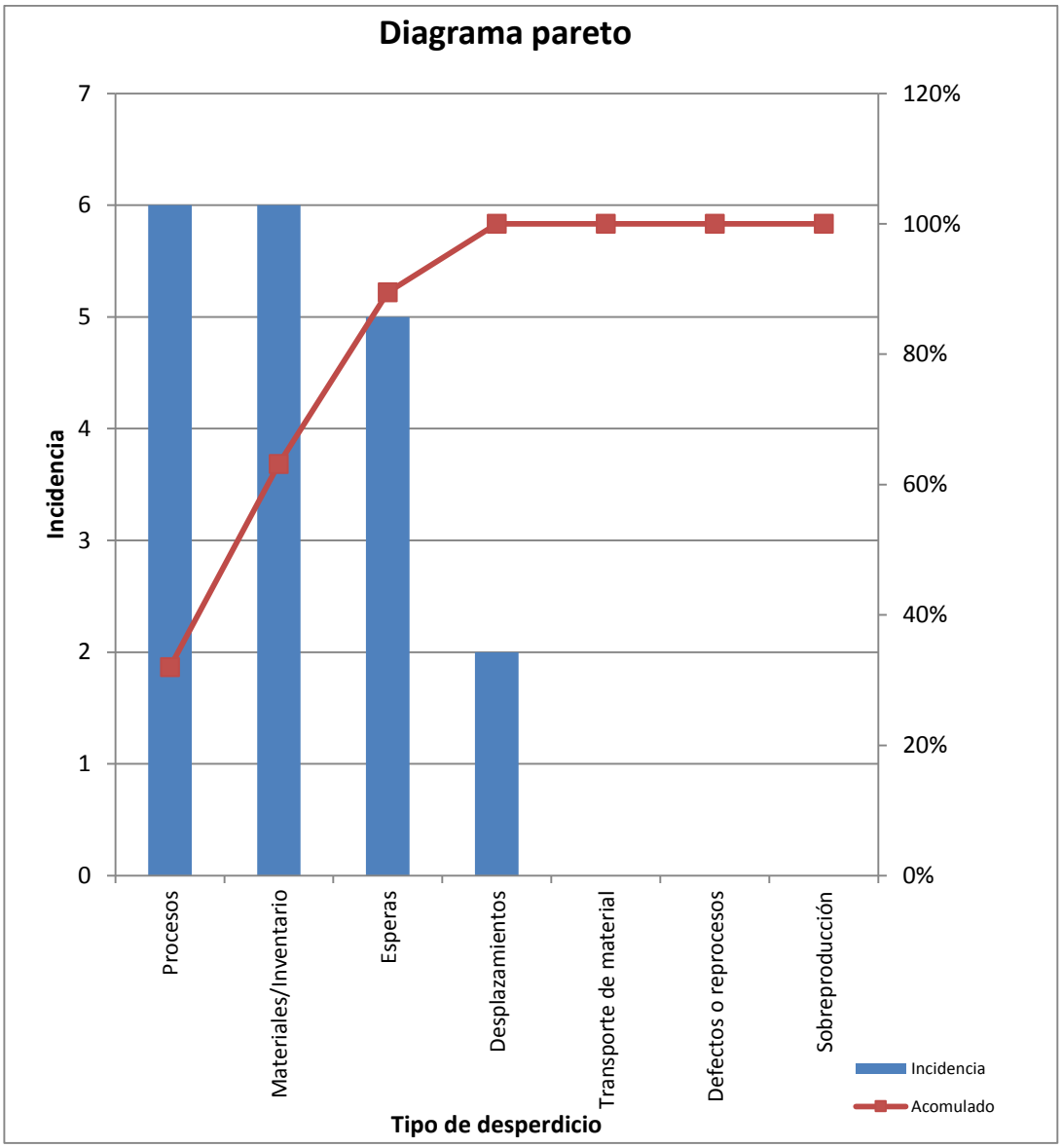

Ilustración 31. Diagrama Pareto en función de desperdicios encontrados en encuesta

Fuente: Elaboración propia

En el diagrama Pareto de la *Ilustración* 31, se puede observar que la predominancia de desperdicios se centra en procesos, materiales/inventario, esperas y desplazamientos innecesarios. Al tratarse de un taller de mantenimiento, el transporte de material, defectos o reprocesos o sobreproducción tiene una incidencia menor.

Este diagrama es similar a la *Ilustración 10*, ya que nuevamente predominan *procesos* y *materiales/inventario*, seguido de *esperas.* Por lo tanto se puede concluir que dichos desperdicios son los que otorgan mayor posibilidad de mejora al Taller Lo Ovalle y deberían ser a los que hay que dirigir la atención.

5.6 Recepción de resultados de encuesta en la empresa

Por último, los resultados de la encuesta ya expuestos fueron difundidos en los departamentos involucrados con el Taller Lo Ovalle.

Los departamentos de Operaciones, Calidad, Ingeniería, Compras, Planificación y Mejora continua, fueron debidamente informados de la percepción de los técnicos respecto a los ítems evaluados. Es así que como consecuencia, se genera un *plan de acción* (ver *VI.* Anexos, *Tabla 108*) para corregir las brechas y hallazgos. Este plan de acción tiene como por objetivo mejorar la industrialización de las áreas de trabajo.

El *plan de acción* abarcó diversos ítems analizados en la encuesta con énfasis en *herramientas, machinas, instrumentos, procedimientos y fichas de trabajo, bodega* y *comunicación.* Es así que dentro de este *plan de acción*, el trabajo de título presente se enfoca en el estudio de los *procedimientos* con el fin de generar una propuesta de valor que incluya la estandarización del mantenimiento y beneficie tanto a los técnicos como a la compañía.

La elección de dicha opción entre otras posibles, se basa primero en lo observado presencialmente en el taller, descrito en el punto *5.2* y representado gráficamente en un diagrama Pareto *Ilustración 10*. Posteriormente y como resultado de la encuesta, se encuentra una situación similar que se puede ver en el punto *5.5* y representando en el gráfico Pareto *Ilustración 31*. Ambas situaciones muestran que el desperdicio de *procedimientos* predomina.

En consecuencia, la elección se basa en que la mayoría de los problemas detectados pasan o tienen como una causa directa la necesidad de procedimientos y estandarización. Se prevé que una debida estandarización e implementación de

procedimientos acorde a las necesidades, otorga mayor posibilidad de mejora y la adición de valor al taller, que se corresponde a uno de los objetivos de esta memoria.

El estudio de los procedimientos en el mantenimiento preventivo de material rodante se presenta a continuación en el *Capítulo 6: Tiempos y procesos en Taller Lo Ovalle.*

Capítulo 6: Tiempos y procesos en Taller Lo Ovalle

Actualmente el Taller Lo Ovalle requiere una mejora en su industrialización en post de incrementar la productividad y calidad de servicio de mantenimiento que es proporcionado por Alstom al cliente Metro Santiago. En dicho taller –y como ya se ha señalado-, Alstom se hace cargo de la mantención de 11 trenes NS04, de 7 u 8 coches, según corresponda.

Con esa meta, se realizó un análisis exhaustivo al mantenimiento preventivo de inspección de seguridad (IS) realizado cada 10.000 [km]. Como se señaló en el capítulo *4.3 El mantenimiento* Se decidió estudiar y documentar dicho mantenimiento, pues es el realizado con mayor frecuencia, abarcando aproximadamente el 60% de todos los mantenimientos que se realizan durante el año [12]. Además, dicho mantenimiento es realizado también durante las inspecciones de mantenimiento (IM).

Por otro lado, si se analiza como foco central **solo los procesos de mantenimiento**, las brechas que se han hallado reiterativamente se centran principalmente en:

- Fichas de operación estándar no se encuentran actualizadas
- Ficha de operación estándar no ha sido implementada
- Técnicos no siguen la secuencia de la ficha de operación estándar
- Cargas de trabajo no son distribuidas equilibradamente entre el grupo de técnicos

Generando como consecuencia, un aumento en los tiempos de mantenimiento, una disminución de la productividad, una incorrecta distribución de la carga laboral y excesos de desplazamientos, entre otros efectos no deseados.

Se tiene como objetivo hacer un diagnóstico de la situación actual de los procesos realizados en el mantenimiento de Inspección de Seguridad (IS) en taller Lo Ovalle. Se buscará establecer y definir los tiempos de mantenimientos actuales y analizar los de mayor duración, en base a eso se propondrá mejoras para dar valor agregado y estandarizar los procesos que lo requieran.

6.1 Objetivos

- Analizar los tiempos de actividades, duración de mantenimientos, secuencia de trabajo y forma de distribuir el trabajo por parte de los técnicos en el mantenimiento de Inspección de Seguridad (IS).
- Estandarizar tiempos, desplazamientos y cantidad de técnicos en el mantenimiento Inspección de Seguridad (IS).
- Generar una propuesta de valor en los procesos de mantenimiento que busquen optimizar tiempos, cargas de trabajo y desplazamientos.

6.2 Recopilación de información

La información fue obtenida mediante dos fuentes principales:

- Visita presencial al Taller Lo Ovalle. El estudio comenzó el 13 de Julio y concluyó el 4 de Agosto. Se observó y midió 8 mantenimientos completos de inspección de seguridad (IS) durante la jornada nocturna realizada por los técnicos, en búsqueda de brechas y hallazgos.

Dichos mantenimientos contemplaron las siguientes condiciones:

- 5 Mantenimientos realizados con 7 personas (6 técnicos; 1 supervisor)
- 3 Mantenimientos realizados con 6 personas (5 técnicos; 1 supervisor)

Así mismo:

- 7 Mantenimientos fueron realizados a trenes de 8 coches
- 1 Mantenimiento fue realizado a tren de 7 coches

- Análisis de ficha de mantenimiento Inspección de seguridad (IS). Se recopiló y estudió la información entregada por las ficha de trabajo y que son llenada por los técnicos. El período de estudio comprendió 10 meses entre Septiembre del 2014 hasta Junio 2015.

Además, se entrevistó a los trabajadores durante sus labores cotidianas para entender cómo distribuyen su trabajo y los procesos que llevan a cabo.

6.3 Distribución del trabajo por parte de los técnicos en IS Taller Lo Ovalle

Se entiende como distribución de trabajo la forma en que las actividades del mantenimiento de Inspección de seguridad (IS) son repartidas entre los técnicos. Actualmente, este mantenimiento es dividido en 6 grupos.

Si analizamos en detalle la composición de estos grupos, cada uno de estos tiene en su estructura una funcionalidad lógica basada en:

a) Tiempo de duración tareas
b) Posición del tren

Por lo general, cada grupo lleva consigo una tarea de larga duración, seguida de tareas de menor duración. Además la ubicación de estas actividades se encuentran próximas y en una posición particular del tren, por ejemplo:

Tabla 23. Ejemplo distribución del trabajo en grupos

Grupo 1 Bajo Bastidor 2 personas	**Tiempo promedio (lead time)**
• Semibarra: limpieza y engrase	60 minutos
• Frotadores Negativos: Inspección y medición de desgaste + Visuales bajo bastidor	25 minutos
• Exudaciones	15 minutos
• Compresores: Nivel de aceite y cambio de filtro	10 minutos
• Cambios correctivos	---

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar que este grupo está conformado por:

a) Tiempo de duración de tareas:
   - Tener una actividad de larga duración: La tarea Semibarra (limpieza y engrase) que tarda en promedio, 60 minutos.

- Tener actividades de mediana a corta duración: Se realizan tareas que demoran menor tiempo.

b) Posición del tren:

- Todas las actividades de este grupo son realizadas en una posición específica del tren, a saber, Bajo bastidor.

Esta forma de distribuir el trabajo, obedece al conocimiento de los técnicos en las tareas que desempeñan y su experiencia, ya que no utilizan la distribución de la ficha de operación estándar propuesta por la empresa.

6.4 Distribución del trabajo con 6 personas; 1 supervisor

Actualmente la distribución de 6 personas; 1 supervisor es la más común y contempla la presencia laboral de todos los trabajadores, sin ausencias. Es importante recordar que en el mantenimiento preventivo realizado en Taller Lo Ovalle, cuenta con una dotación de 7 personas (1 supervisor y 6 técnicos eléctricos/mecánicos).

A continuación se presenta la división de trabajo aplicado por los técnicos. Las tareas realizadas fueron agrupadas y descritas a "grandes rasgos". Los detalles de cada grupo se encuentra en CAPÍTULO 7: FORMA DE TRABAJO Y PROPUESTA DE VALOR:

Pruebas de entrada 4-5 personas
• Pruebas de entrada: Pruebas en cabinas • Interiorismo: Inspección de luminaria, dovelas y pasamanos • Vandalismo: Inspección de vandalismo.

Grupo 1 Bajo Bastidor 2 personas	**Grupo 2** Bastidor lateral/Bajo bastidor 2 personas	**Grupo 3** Neumáticos 1 persona + Supervisor	**Grupo 4** Interior coche/Bastidor lateral 1 persona
• Semibarra: limpieza y engrase	• Puentes diferenciales: limpieza, medición nivel de aceite y llenado. Limpieza	• Desmontar válvulas de neumáticos	• Ventilación: Desmontar tapas, limpieza de motores y tapas, armado.
• Frotadores Negativos: Inspección y medición de desgaste	• Frotadores positivos: Inspección y medición de desgaste	• Control y corrección de presión de neumático	• Gangway: Desmontar tapas, limpieza de gangway y armado.
• Compresores: Nivel de aceite y cambio de filtro	• Zapatas: Inspección y medición de desgaste	• Poner tapas de neumático	• CVS: Aspirado de ambas unidades CVS
• Visuales bajo bastidor • Exudaciones	• Amortiguadores verticales: Inspección visual		• Caja fusible: Medición del estado de caja.

Pruebas de salida **2 personas**
• Pruebas de salida: Pruebas en cabinas

Si ordenamos cronológicamente el mantenimiento de IS, queda como se muestra a continuación:

		Realizadas simultáneamente					
Inicio	Pruebas de entrada	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Pruebas de salida	**Fin**

6.5 Distribución del trabajo con 5 personas; 1 supervisor

Este caso sucede cuando existe una ausencia por parte de los técnicos. La división del trabajo queda similar al caso recientemente explicado, **excepto** por la cantidad de personas que realizan las tareas del grupo 3, pasa de 2 personas → 1 persona:

Pruebas de entrada 4-5 personas
• Pruebas de entrada: Pruebas en cabinas • Interiorismo: Inspección de luminaria, dovelas y pasamanos • Vandalismo: Inspección de vandalismo.

Grupo 1 Bajo Bastidor 2 personas	**Grupo 2** Bastidor lateral/Bajo bastidor 2 personas	**Grupo 3** Neumáticos Supervisor	**Grupo 4** Interior coche/Bastidor lateral 1 persona
• Semibarra: limpieza y engrase	• Puentes motores: Medición nivel de aceite y llenado.	• Quitar tapa válvulas de neumáticos	• Ventilación: Desmontar tapas, limpieza de motores y tapas, armado.
• Frotadores Negativos: Inspección y medición de desgaste	• Frotadores positivos: Inspección y medición de desgaste	• Corrección de presión de neumático	• Gangway: Desmontar tapas, limpieza de gangway y armado.
• Compresores: Nivel de aceite y cambio de filtro	• Zapatas: Inspección y medición de desgaste	• Poner tapas válvula de neumático	• CVS: Aspirado de ambas unidades CVS
• Visuales bajo bastidor • Exudaciones	• Amortiguadores verticales: Inspección visual		• Caja fusible: Medición del estado de caja.

Pruebas de salida **2 personas**
• Pruebas de salida: Pruebas en cabinas

Al igual que el caso anterior, si ordenamos cronológicamente el mantenimiento de IS, queda como se muestra a continuación:

		Realizadas simultáneamente					
Inicio	Pruebas de entrada	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3	Grupo 4	Pruebas de salida	**Fin**

6.6 Jornada Laboral en Taller Lo Ovalle

Actualmente los técnicos de mantenimiento preventivo tienen un turno de 9 horas que va desde:

- 21:00 - 06:00 horas

Dentro de esa jornada laboral, se contempla 1 hora de colación.

Por otro lado, los trenes son ingresados por parte de Metro Santiago al taller entre 21:00 -21:30 horas, estando estos disponible para el trabajo de mantenimiento en promedio desde las 22:00 horas. Así mismo, el límite máximo de entrega del tren corresponde a las 5:30 am

6.7 Ausentismo de técnicos durante las mediciones realizadas

Por último es importante mostrar la asistencia que existió durante las 8 mediciones realizadas

Tabla 24. Ausentismo técnicos en visitas realizadas

Medición	Dotación de técnicos (incl. supervisor)	Cantidad de técnicos ausentes
1	7	0
2	7	0
3	7	0
4	7	0
5	6	1
6	6	1
7	6	1
8	7	0

Fuente: Elaboración propia

6.8 Análisis de tiempo de mantenimiento

A continuación, se procederá a definir y posteriormente a describir y analizar los tiempos de mantenimiento involucrados en los procesos de inspección de seguridad IS en taller Lo Ovalle.

Para estudiar los tiempos de mantenimiento, primero se ha hecho un análisis de las Horas Hombres trabajadas por los técnicos, en un período comprendido desde el 01/09/2014 hasta el 22/06/2015, correspondiente al estudio de 55 mantenimientos de IS.

Existen tres variables importantes que se presumen afectan los tiempos de mantenimiento preventivo de material rodante, los que se estudiarán su incidencia en las páginas siguientes, a saber:

- **La primera variable** importante es la **cantidad de personas** que la realiza, afectando directamente en el aumento o disminución de este.
- **La segunda variable** importante corresponde a los **cambios correctivos** que se realizan en dicha jornada, aumentando o disminuyendo las HH en función de esos cambios.
- **La tercera variable** importante es la **cantidad de coches** en el tren. Actualmente se mantiene material rodante con 7 u 8 coches. Se presume que dicha variación en la cantidad de coches puede afectar las HH.

Como introducción al análisis de tiempos que se realizará, en este punto *6.8* se presenta una visión global de las variables descritas.

Posteriormente, para conocer en detalle la incidencia de dichas variables, es que se ha decidido:

a) Analizar los tiempos generales para el mantenimiento de material rodante, presentando en el punto *6.8.1 Tiempos Generales.*

b) Analizar la información de las fichas de trabajo en función de HH, presentado en el punto *6.8.2 Horas Hombre de mantenimiento según fichas de trabajo*.

c) Analizar la información de las fichas de trabajo en función del tiempo, presentado en el punto *6.8.3 Tiempos de mantenimiento según fichas de trabajo*.

Como introducción a la **primera variable (cantidad de personas)**, se presenta un gráfico con la asistencia de los técnicos (incluido supervisor). La inclusión del supervisor, se debe a que actualmente este realiza actividades como cualquier técnico y no cumple labores exclusivas de control y revisión. Actualmente en Taller Lo Ovalle existen 7 personas (6 técnicos + 1 supervisor) encargadas del mantenimiento preventivo.

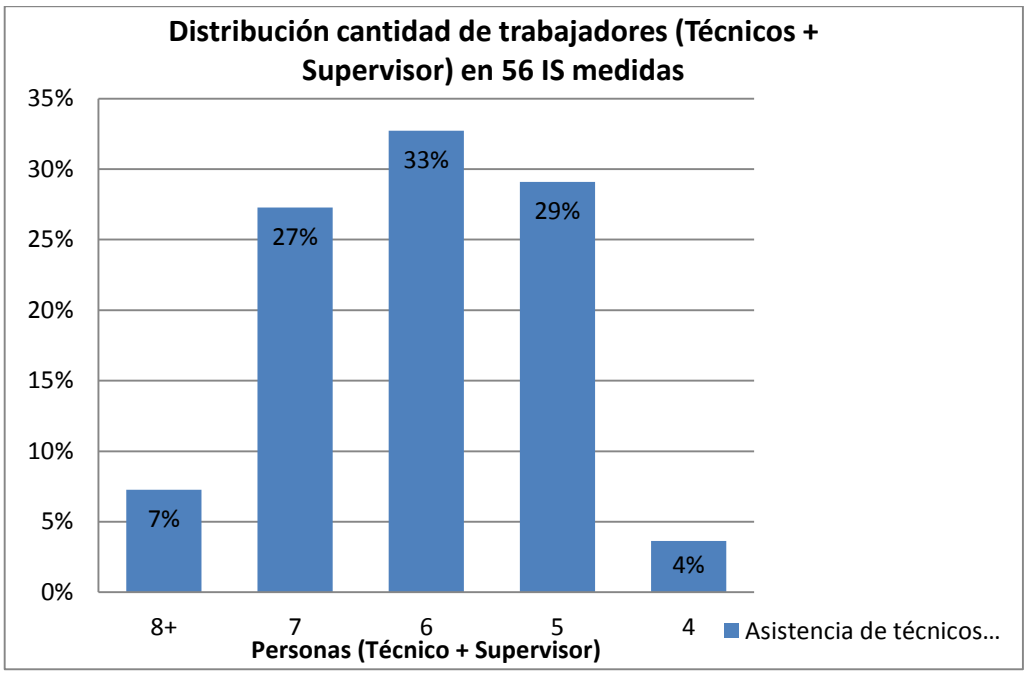

Ilustración 32. Distribución cantidad de trabajadores en 56 IS medidas

Fuente: Elaboración propia

Se observa en *Ilustración 32* que el 89% de los mantenimientos de IS estudiados fueron completados con 7, 6 o 5 personas. Por esta misma razón se estudiarán estos casos en los puntos que siguen. Tanto para el caso de más de 8 personas, como para el menor a 4 personas se ha decidido omitir su estudio al no ser representativos.

Como introducción a **la segunda variable (cambios correctivos)** se tiene que:

De un total de 976 cambios correctivos ocurridos durante las 55 IS estudiadas, se obtuvo la *Ilustración 33* que se muestra a continuación:

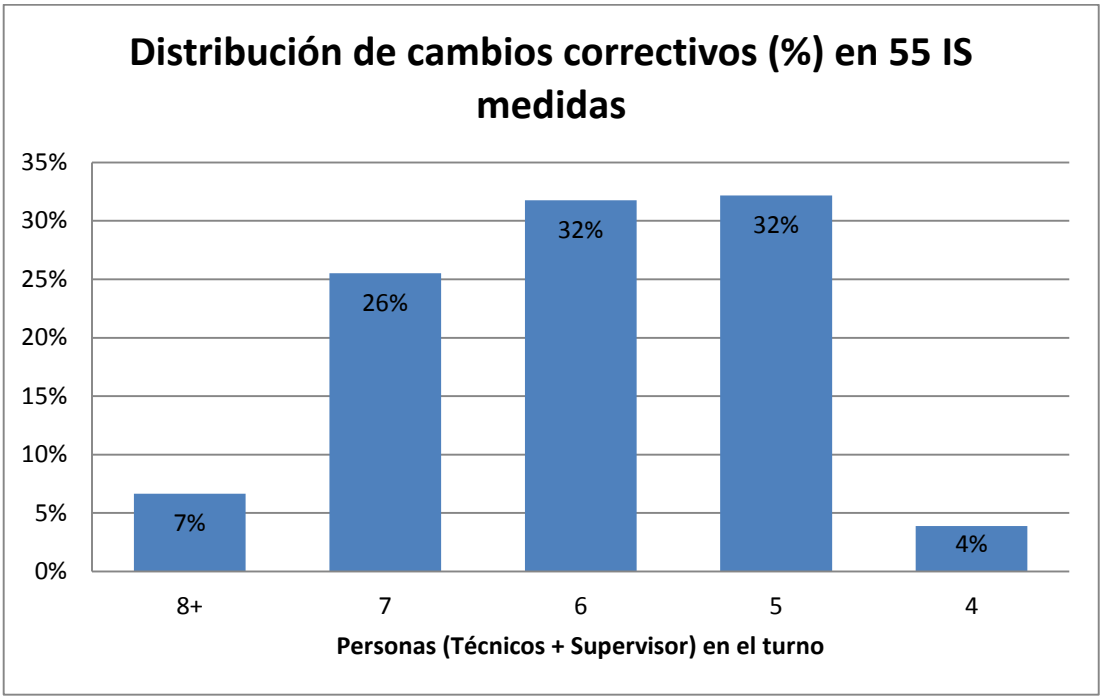

Ilustración 33. Distribución de cambios correctivos en 55 IS medidas

Fuente: Elaboración propia

En donde se observa que para el caso de 7, 6 y 5 técnicos la cantidad de cambios correctivos fue similar.

Para evitar una interpretación errada de este gráfico, se debe comprender que los cambios correctivos no están sujetos a la cantidad de técnicos que realiza el mantenimiento, sino más bien, a la vida útil de los diversos elementos que componen el tren.

Por último, respondiendo a la **tercera variable, cantidad de coches,** Se tiene como se observa en la *Ilustración 34:*

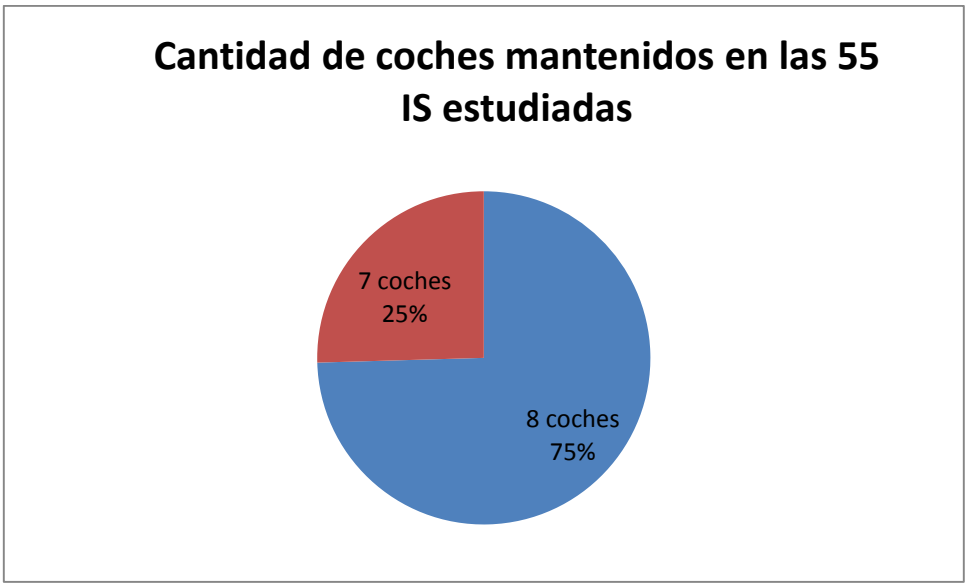

Ilustración 34. Cantidad de coches mantenidos en 55 IS estudiadas

Fuente: Elaboración propia

El 25% de los mantenimientos fueron realizados a trenes de 7 coches, mientras que el 75% de los mantenimientos restantes fueron realizados a trenes de 8 coches.

6.8.1 Tiempos Generales

Antes de realizar el análisis de las variables de importancia (cantidad de personas, cambios correctivos y cantidad de coches) se presentan algunos tiempos generales que facilitarán la comprensión de la situación actual del taller Lo Ovalle.

Estos tienen relación con el tiempo de disponibilidad del tren para el mantenimiento (nominal y real) y la capacidad productiva de los técnicos en HH establecida por la empresa.

6.8.1.1 Tiempo nominal de disponibilidad del tren

Se entiende como *tiempo nominal de disponibilidad del tren*, el tiempo desde que el tren ingresa al foso estando disponible para su mantenimiento, hasta el límite máximo que puede estar en él. Este tiempo no considera ninguna variable externa y solo se refiere al tiempo en qué físicamente el tren se encuentra en foso.

Usualmente el tren está listo para el mantenimiento en foso entre 22:00 – 22.30 y tiene tope máximo de salida las 06:00 am. El ingreso promedio de las 55 IS estudiadas corresponde a las 22:18 horas.

Es así, que el tiempo oscila entre:

$$Tiempo\ disp.tren_{nominal} = Hora\ máxima\ de\ entrega - Hora\ de\ ingreso$$

$$Tiempo\ disp.tren_{nominal} = 06:00\ - 22:00 = 8:00\ horas$$

$$Tiempo\ disp.tren_{nominal} = 06:00 - \ 22:30 = 7:30\ horas$$

$$\boldsymbol{Tiempo\ disponibilidad\ tren_{nominal}\ \approx 07:30\ - 08:00\ horas}$$

6.8.1.2 Tiempo productivo de los técnicos

Alstom define como el tiempo productivo Horas Hombre como:

Jornada laboral: 9 horas
- Colación: 1 hora
- Ausentismo: 0,03 x Jornada laboral = 0,27 [horas]
- Licencias: 0,03 x Jornada laboral = 0,27 [horas]
- Vacaciones: 0,03 x Jornada laboral = 0,27 [horas]

$$Tiempo\ producto\ HH\ por\ persona = 9 - 1 - 0{,}27 - 0{,}27 - 0{,}27$$

$$\boldsymbol{Tiempo\ productivo\ HH\ por\ persona \approx\ 7{,}2\ [horas]}$$

6.8.1.3 Tiempo real de disponibilidad del tren.

Corresponde al tiempo real que se dispone para realizar el mantenimiento del material rodante, desde que **ingresa al foso de mantención hasta el fin del turno de los trabajadores**.

Se tiene en consideración que el turno de los trabajadores va desde las 21:00 hasta las 06:00 AM, además de las siguientes contemplaciones:

- Tiempo disponible nominal del tren se estableció como:
  $Tiempo\ disponibilidad\ tren_{nominal}\ \approx 07{:}30\ - 08{:}00\ horas$
- Colación: 1 hora
- Límite máximo de entrega del tren 5:30 am (horario propuesto por Alstom en función del horario de salida de los técnicos 6:00 am)

Corresponde a:

$$T\ \text{disp.}\ tren_{real} = Tiempo\ disp.tren_{nominal} - colación - Límite\ de\ entrega$$

$$T\ \text{max}\ disponible = 8\ horas - 1\ hora - \ 0{,}5\ horas = 6{:}30\ horas$$

$$T\ \text{max}\ disponible = 7{,}5\ horas - 1\ hora - \ 0{,}5\ horas\ = 6{:}00\ horas$$

$$\boldsymbol{T\ disponibilidad\ tren_{real}\ \approx 06{:}00 - 06{:}30\ [horas]}$$

6.8.2 Horas Hombre de mantenimiento según fichas de trabajo

Se definió al comienzo del punto *6.8 Análisis de tiempo de mantenimiento* como variables de importancia en el mantenimiento de material rodante la **cantidad de personas** que trabajan en la jornada, los **cambios correctivos** realizados y el **número de coches** que son mantenidos.

Para responderlas se presentará un análisis de las HH involucradas en el mantenimiento de IS en función de la información recopilada mediante las fichas de trabajo llenada por los técnicos.

Este análisis comprende tres partes:

a) IS visión general, en HH
b) Cambios correctivos de IS, en HH
c) Número de coches mantenidos, en HH

Y buscará esclarecer la real incidencia de las variables mencionadas.

6.8.2.1 IS visión general, en HH

Se presentará una visión general de las HH a lo largo de las 55 IS estudiadas. Esta información se vuelve relevante para poder comenzar a:

- Estudiar cómo influye la cantidad de personas en las HH
- Definir las HH que actualmente se invierten en el mantenimiento
- Establecer una nueva cantidad de HH para IS

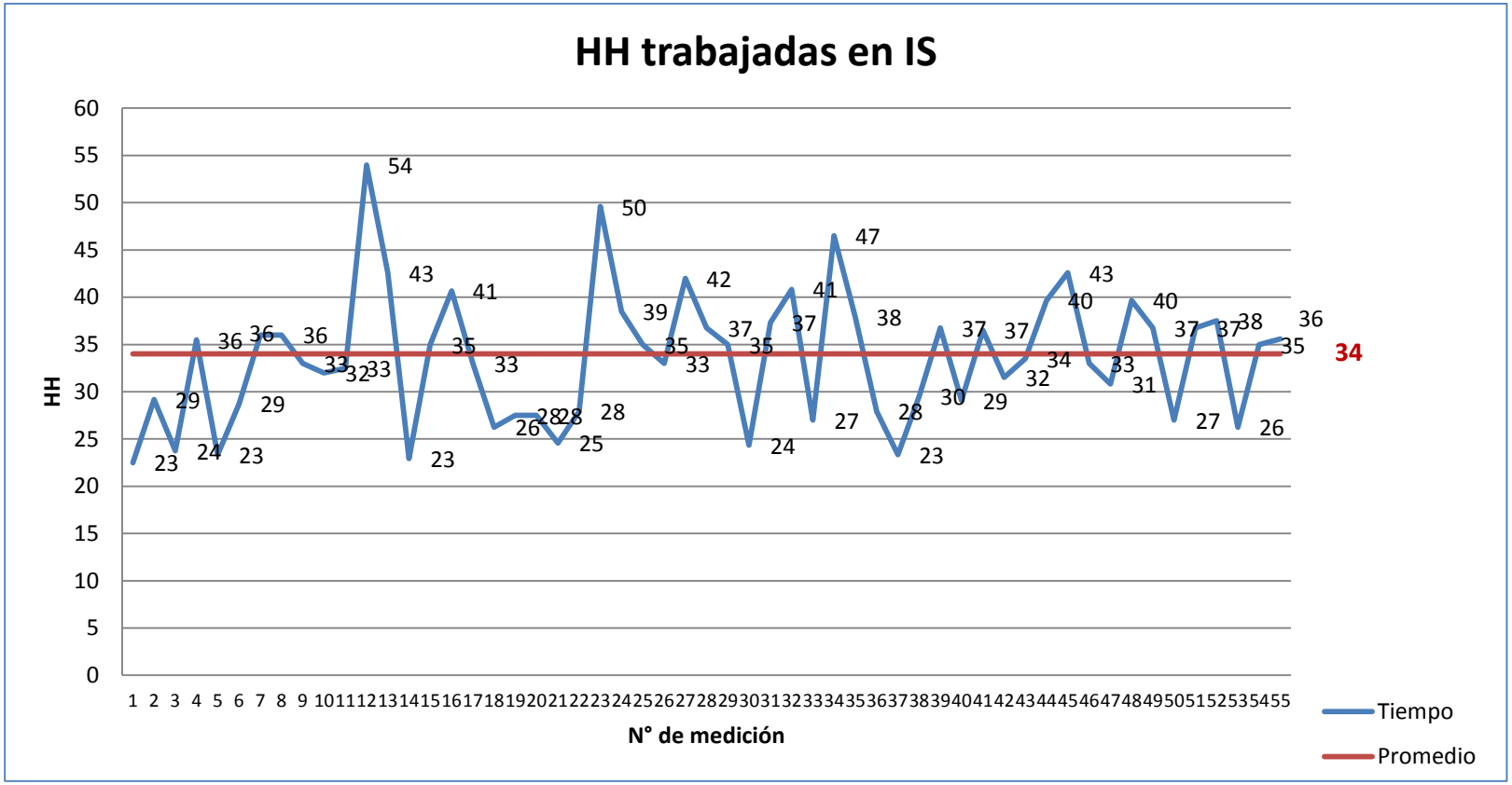

Ilustración 35. HH trabajadas en 55 mantenimientos de IS estudiados

Fuente: Elaboración propia

De la *Ilustración 35* se extrae la siguiente información:

HH Promedio	HH Mínimo	HH Máximo	Desviación Estándar σ
34 HH	23 HH	54 HH	7 HH

	HH cota inferior	HH promedio	HH cota superior	% MTTO
σ	**27 HH**	**34 HH**	**41 HH**	**66%**
2 σ	20 HH	34 HH	48 HH	30%
3 σ	13 HH	34 HH	55 HH	4%

Se puede observar que existe gran variabilidad en las Hora Hombre y será motivo de estudio en las páginas posteriores intentar develar las posibles causas raíces que se expondrán posteriormente en el apartado *6.9 Conclusiones*.

Por otra parte, se ha establecido que la mayor cantidad de mantenimientos correspondiente al 66% de estos, se encuentra entre los rangos de σ:

HH cota inferior	HH promedio	HH cota superior
27 HH	34 HH	41 HH

Como consecuencia de los resultados expuestos, se ha procedido a definir:

- **HH de MTTO Inspección de seguridad (IS)**: Corresponde a las Horas Hombre que actualmente se demoran los técnicos en entregar el tren terminado a metro, conforme a 34 ± 7 HH. Este tiempo tiene un rango de valores definidos entre las cotas de **σ.**

Por último la *Ilustración 36* que se presenta a continuación esclarece lo ya expuesto:

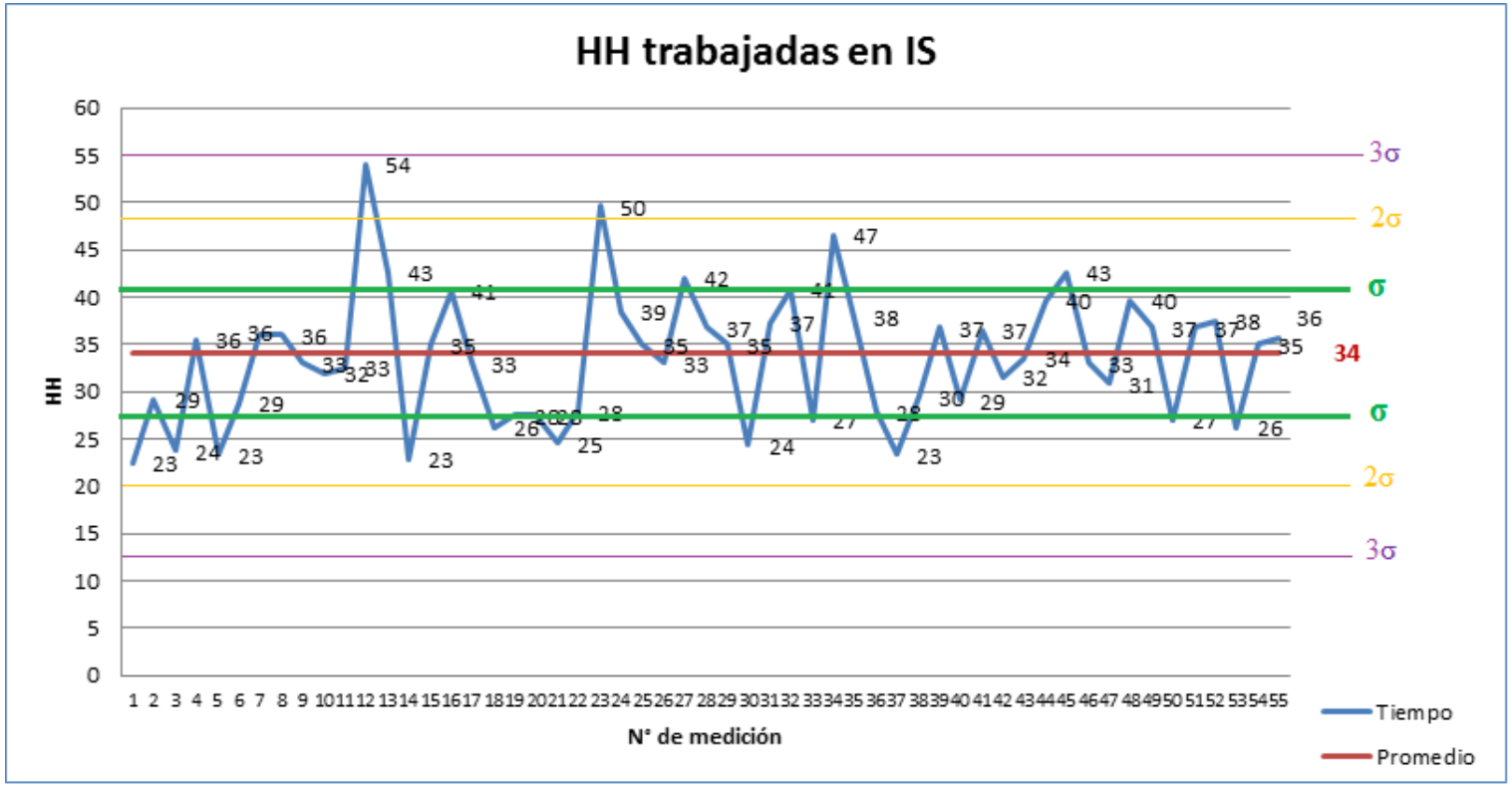

Ilustración 36. HH trabajadas en IS con cotas σ, 2 σ, 3 σ

Fuente: Elaboración propia

Se obtuvo que el 66% de los mantenimientos está entre la cota **σ** definida como **HH de MTTO IS**:

	HH cota inferior	HH promedio	HH cota superior	% MTTO
σ	**27 HH**	**34 HH**	**41 HH**	**66%**
2 σ	20 HH	34 HH	48 HH	30%
3 σ	13 HH	34 HH	55 HH	4%

6.8.2.2 Cambios correctivos de IS, en HH

La segunda variable importante que se destacó al inicio de este ítem corresponde a los **cambios correctivos** realizados en el mantenimiento preventivo.

Es por ello que se procederá a analizar la influencia de este factor en las Horas Hombres de mantenimiento preventivo Inspección de seguridad IS.

6.8.2.2.1 HH en los cambios correctivos

A continuación en la *Ilustración 37*, se presentan las Horas Hombres invertidas en cambios correctivos a lo largo de las 55 IS estudiadas.

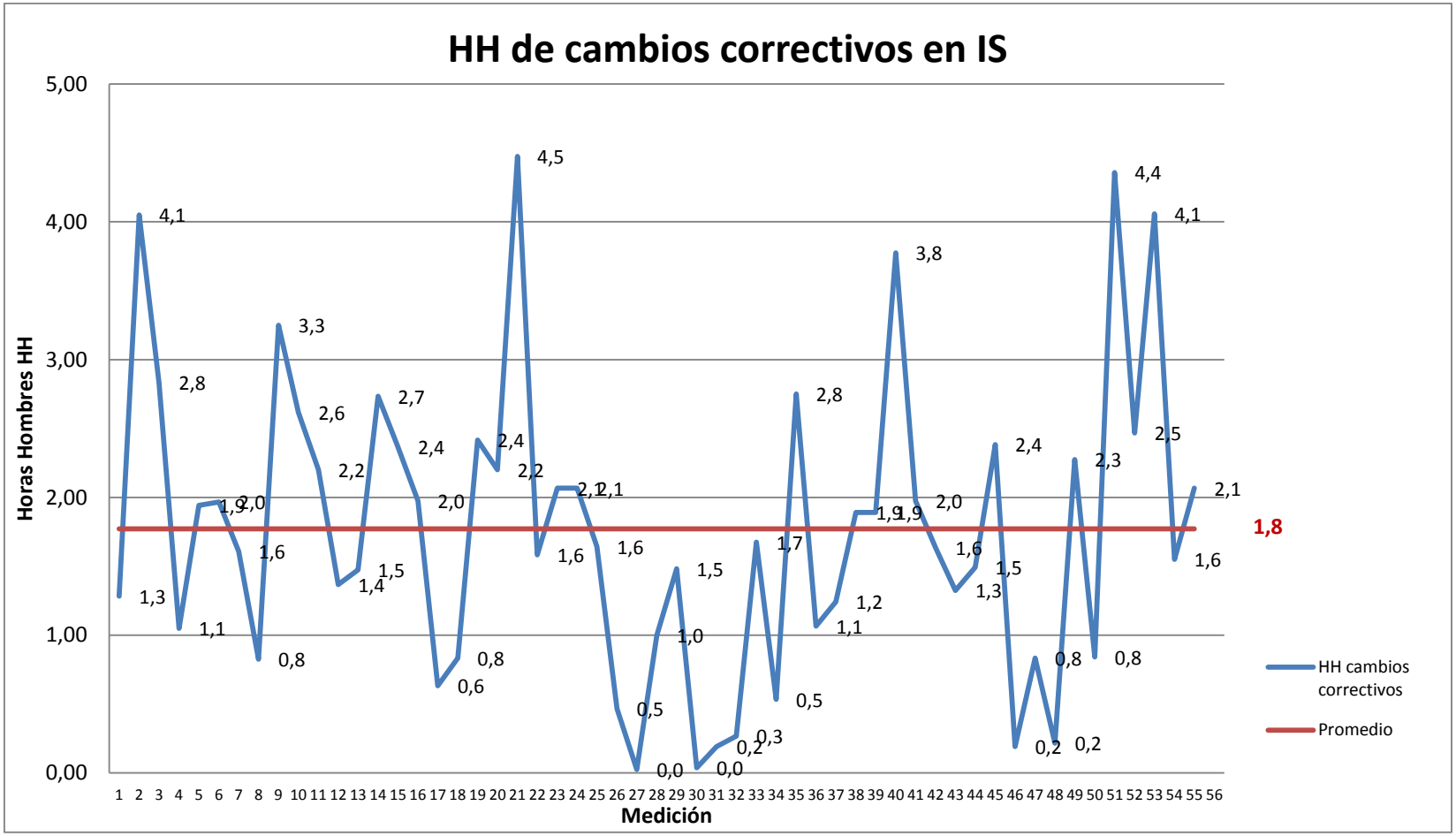

Ilustración 37. HH de cambios correctivos en mantenimiento de IS

Fuente: Elaboración propia

En la *Ilustración 37*, existe una dispersión de 1,1 HH. Pese a ello, esta se puede considerar normal, teniendo en cuenta que la cantidad de cambios correctivos entre un mantenimiento y otro con frecuencia varían, principalmente porque están a merced del uso de los trenes y la propia vida útil del elemento.

Así mismo, del gráfico se puede extraer información relevante, como por ejemplo:

HH promedio cambios correctivos	HH min. cambios correctivos	HH máx. cambios correctivos	Desviación estándar σ
1,8 HH	0 HH	4,5 HH	1,1 HH

	HH cota inferior	HH promedio	HH cota superior	% MTTO
σ	0,7 HH	1,8 HH	2,9 HH	73%
2 σ	0 HH	1,8 HH	4 HH	20%
3 σ	0 HH	1,8 HH	5,1 HH	7%

Por lo tanto se procederá a definir como:

- **HH en cambios correctivos de IS:** Las Horas Hombres que se invierten en cambios correctivos actualmente.

Considerando que el 93% de los mantenimientos se encuentran en la cota 2 σ, se ha definido entonces como:

$$1{,}8 \pm 2{,}2 \text{ HH}$$

Si eso lo traducimos en tiempo, para una cantidad de 6 técnicos (considerando que actualmente hay 1 supervisor + 6 técnicos), correspondería como mínimo 0 minutos y máximo 40 minutos invertidos en cambios correctivos.

6.8.2.2.2 Incidencia de los cambios correctivos en las HH en IS

Una vez determinado la duración de los cambios correctivos en HH (1,8 ± 2,2 HH), se busca determinar si la incidencia de esta variable es relevante en la duración de los mantenimientos de IS y si así lo fuese, cuánto afecta.

La información recopilada de las 55 IS estudiadas se presenta en el gráfico que sigue. Este presenta tres rectas:

a) Inferior: Correspondiente a las HH de *cambios correctivos* en su respectiva medición.

b) Superior: Correspondiente a las HH de *duración total mantenimiento IS* en su respectiva medición.

c) Tendencia Lineal: Recta que facilita la comparación de las *HH de duración total mantenimiento IS* a medida que *las HH de cambios correctivos* decrecen.

Como se puede ver en la *Ilustración 38*, Las HH de los *cambios correctivos* fueron ordenadas de forma decreciente para facilitar la comparación de la incidencia de estas en la duración total del mantenimiento preventivo IS.

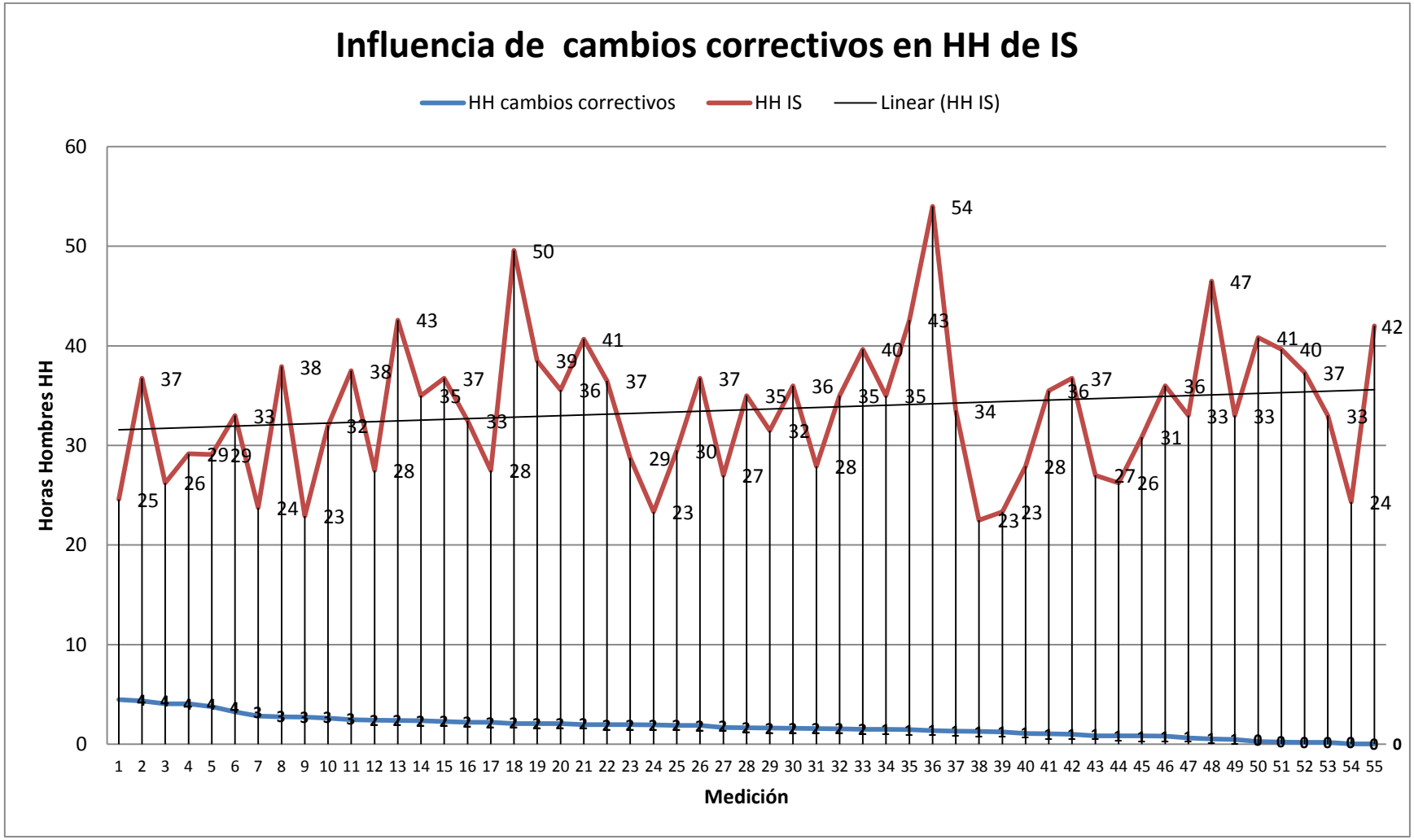

Ilustración 38. Influencia de cambios correctivos en HH de IS

Fuente: Elaboración propia

Se observa que una disminución de las *HH de cambios correctivos*, no tiene una relación directa en la disminución de las *HH de duración total mantenimiento IS*. Por el contrario, hay un leve aumento en la tendencia lineal.

Fruto de esto y contrario a lo que se podría pensar, se concluye que las *HH de cambios correctivos* no tienen una incidencia preponderante en el aumento en *HH de duración total mantenimiento IS*

6.8.2.3 Número de coches mantenidos, en HH

La última variable a analizar es la influencia de la **cantidad de coches** en las HH de mantenimiento.

A continuación se presenta un gráfico comparativo de HH en las situaciones que se mantuvieron 8 coches vs 7 coches:

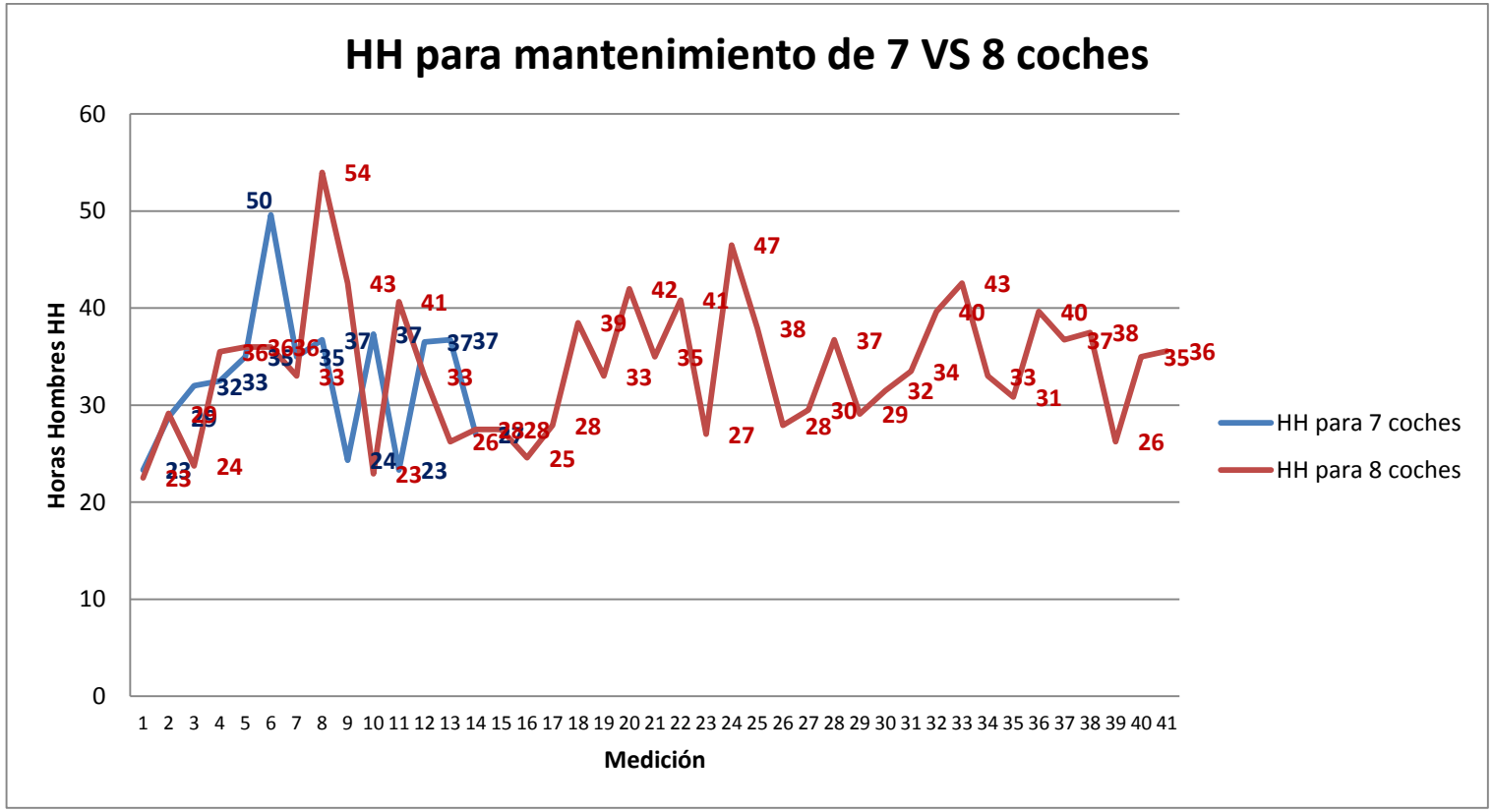

Ilustración 39. Comparativa HH entre trenes 7 y 8 coches

Fuente: Elaboración propia

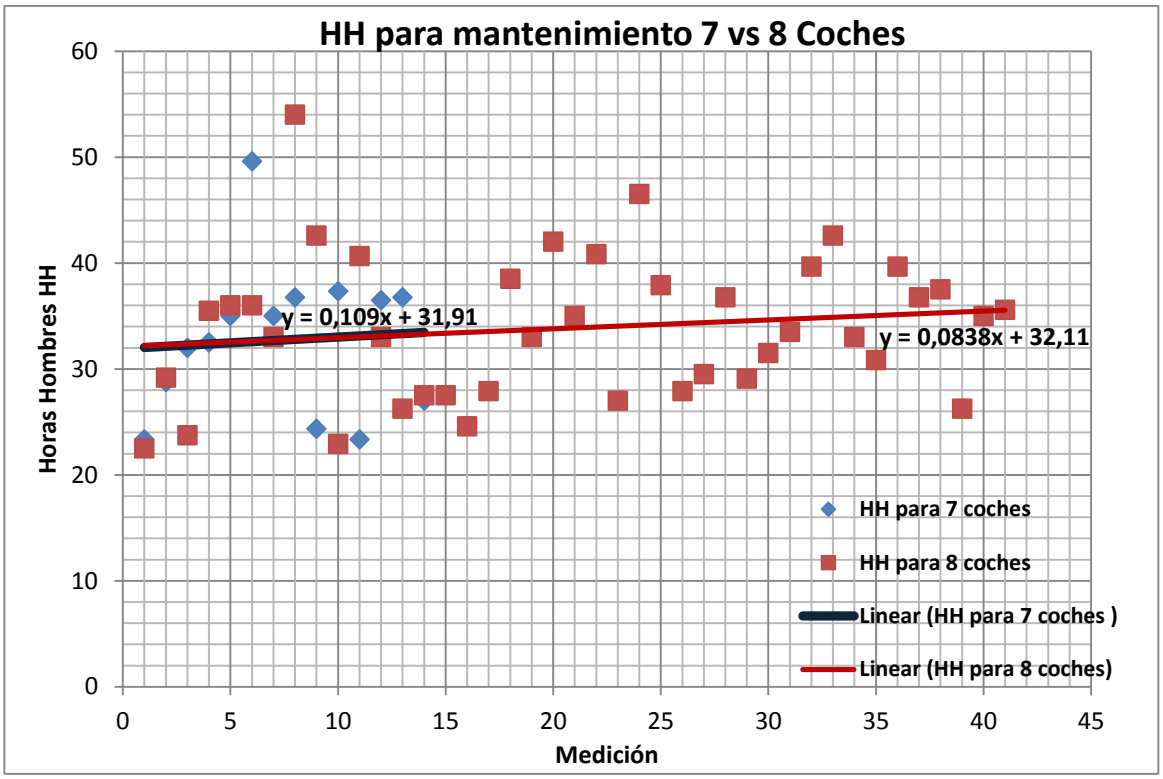

Ilustración 40. Gráfico de dispersión, comparativa HH entre 7 y 8 coches

Fuente: Elaboración propia

Tanto en la *Ilustración 39* como en la *Ilustración 40* se puede observar que no existe una diferencia considerable entre las Horas Hombre de trenes de 7 coches u 8 coches.

En la *Ilustración 39* se tiene los siguientes datos:

	HH Promedio	HH mínimo	HH máximo
7 coches	33	23	50
8 coches	34	23	54

Mientras que en la *Ilustración 40* se obtuvieron rectas muy similares:

$$Recta\ de\ 7\ coches: y = 0{,}109x + 31{,}91$$

$$Recta\ de\ 8\ coches: y = 0{,}0838x + 32{,}11$$

Por lo tanto, y fruto de lo expuesto, se concluye que el número de coches no incide de forma significativa en las Horas Hombres del mantenimiento IS.

6.8.3 Tiempos de mantenimiento según fichas de trabajo

Por último para comprender mejor la variable **cantidad de personas**, es que se ha procedido a estudiarla en función de los tiempos:

- 6.8.3.1 Tiempos de mantenimiento de IS, visión general
- 6.8.3.2 Tiempos de mantenimiento en función de la cantidad de técnicos.
- 6.8.3.3 Tiempo actual de mantenimiento, según las mediciones realizadas

Dicha información fue recopilada mediante el documento que es considerado oficial por Alstom y es llenado por los mismos técnicos, las *fichas de trabajo.* Adicionalmente en el punto *6.8.3.3* se contrastó dicha información con las mediciones realizadas durante las visitas presenciales al taller.

Es importante señalar que el supervisor frecuentemente participa activamente en al menos una actividad de mantenimiento y no se dedica exclusivamente a las labores de supervisión. Por esta razón, en los análisis que siguen lo incluyen como un técnico adicional.

6.8.3.1 Tiempos de mantenimiento de IS, visión general

Tener una visión general de los tiempos de mantenimiento es importante para conocer la situación actual en el taller y conocer cómo se han estado comportando en su conjunto. Una vez dilucidados se generará un análisis en profundidad de ellos.

La *Ilustración 41* muestra los tiempos de duración en horas, de cada IS en función de las personas que se encontraban trabajando en ese turno, incluyendo al supervisor.

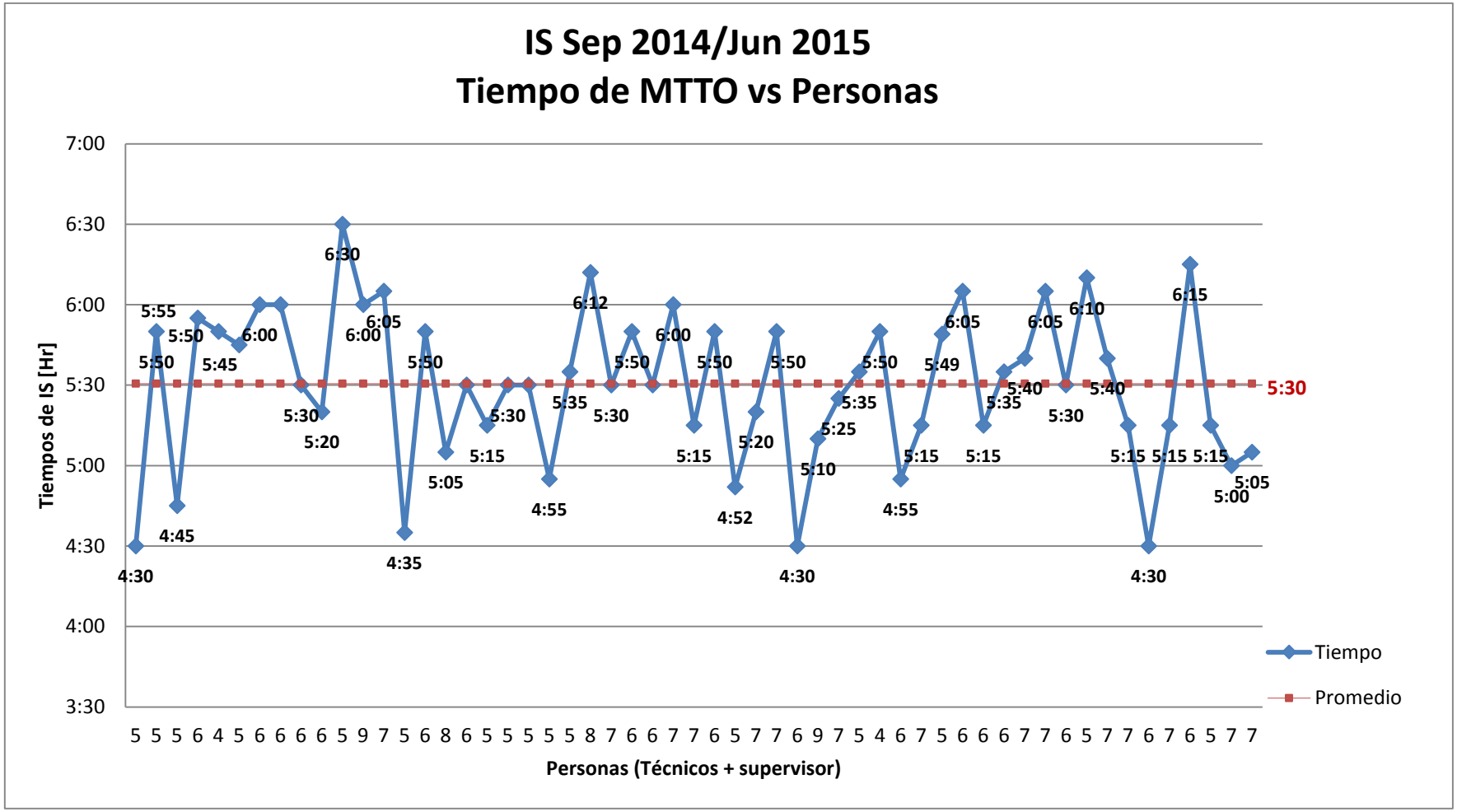

Ilustración 41. Tiempos de trabajo IS vs Personas

Fuente: Elaboración propia

Se observa una gran variabilidad en el gráfico de control de la *Ilustración 41*, esta puede tener como causa la variación de la cantidad de técnicos que trabajaron durante las 55 jornadas analizadas. Es debido a esto que la información otorgada por el gráfico de control solo permite tener una visión global de la situación actual en el taller (para corregir dicha variación, se realizó un análisis en función de la cantidad de técnicos, ver punto *6.8.3.2*):

Tiempo Promedio	Tiempo Mínimo	Tiempo Máximo	Desviación Estándar σ
5:30 hr.	4:30 hr.	06:30 hr.	28 minutos

Tabla 25. Desviaciones estándar de Tiempos de MTTO vs Personas

	Tiempo mínimo	Tiempo promedio	Tiempo máximo	% MTTO
σ	**5:00 hr.**	**5:30 hr.**	**6:00 hr.**	**73%**
2 σ	4:30 hr.	5:30 hr.	6:30 hr.	27%
3 σ	3:00 hr.	5:30 hr.	7:00 hr.	0%

Fuente: Elaboración propia

A raíz de la desviación estándar y los tiempos presentados, se obtuvo que la mayor cantidad de mantenimientos (73%) se encuentran entre los valores de σ.

Fruto de esto es que se ha definido:

- **Tiempo real de MTTO**: Es el tiempo que actualmente se demoran los técnicos en entregar el tren terminado a Metro. Este tiempo tiene un rango de valores definidos como: **Límite superior tiempo MTTO** y **Límite inferior tiempo MTTO:**

Tiempo real de MTTO	Límite inferior tiempo MTTO	Límite superior tiempo MTTO
5:30 hr ± 28 min	05:00 hr	6:00 hr

Si esto es presentado de forma gráfica, los tiempos varían en los rangos mostrados en la *Ilustración 42*:

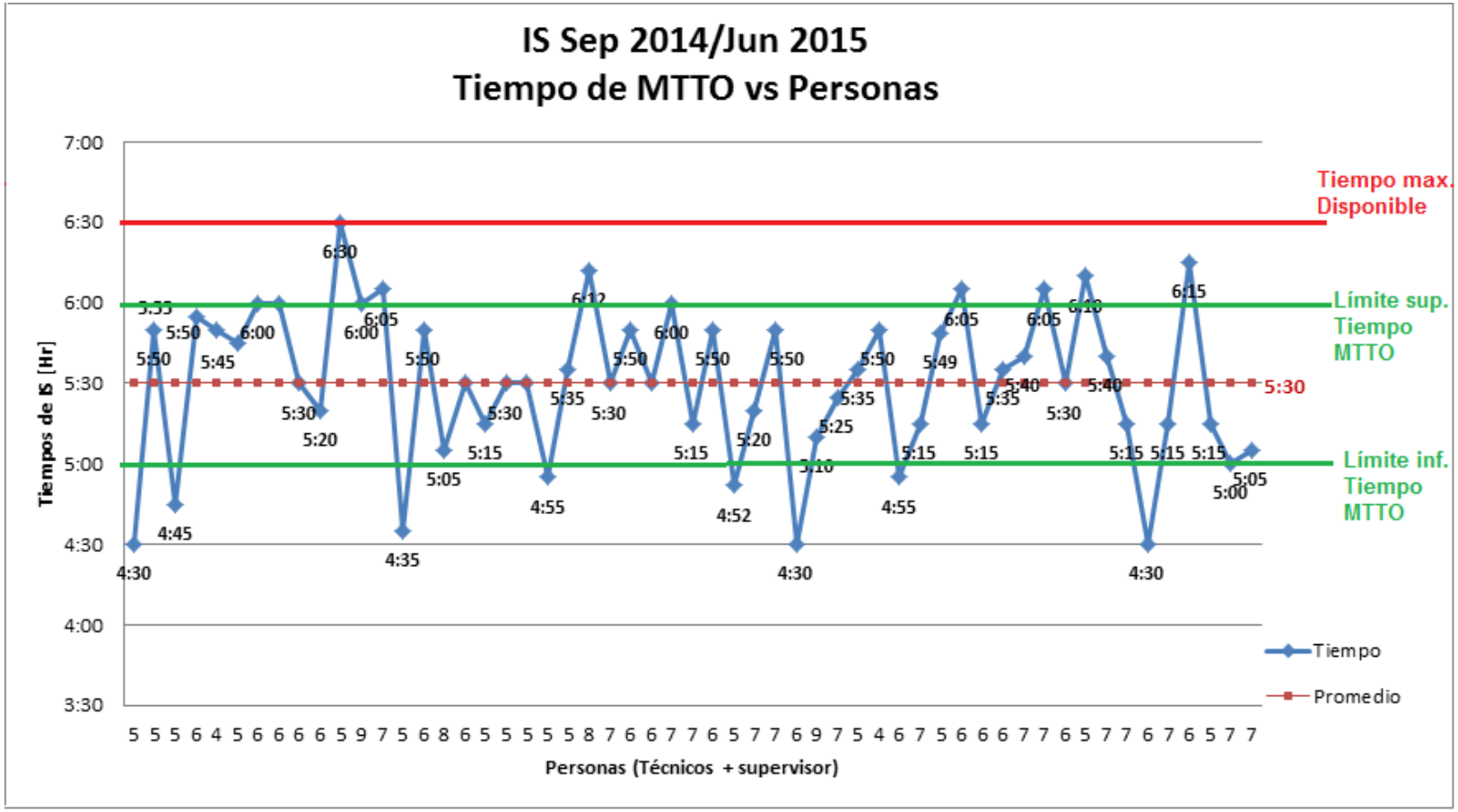

Ilustración 42. Tiempos de trabajos vs Personas con cotas mínimas, máximas y tiempo máx. disponibles.

Fuente: Elaboración propia

Se destaca que el **73% de los mantenimientos** se encuentran entre el Límite inferior y Límite superior de MTTO, lo que es equivalente decir entre las 05:00 y 6:00 hrs de trabajo.

6.8.3.2 Tiempos de mantenimiento en función de la cantidad de técnicos.

Como se detalló al comienzo del punto *6.8 Análisis de tiempo de mantenimiento* una de las variables importantes que afectan los tiempos de mantenimiento corresponde a la **cantidad de personas**.

Según lo descrito en el punto *6.8* (*Ilustración 32*), el 89% de los mantenimientos estudiados fueron completados con 7, 6 o 5 personas. Por esta misma razón se estudiarán estos casos en los puntos que siguen, con la intensión de eliminar la variabilidad de cantidad de técnicos encontrada en el punto *6.8.3*.

A continuación se describirá cada caso para posteriormente en *6.9 Conclusiones* generar una comparación entre ellos y determinar la real influencia de la cantidad de técnicos en la duración del mantenimiento.

6.8.3.2.1 7 técnicos

Para el caso de una IS realizada por 7 técnicos se puede observar los siguientes tiempos de mantenimiento:

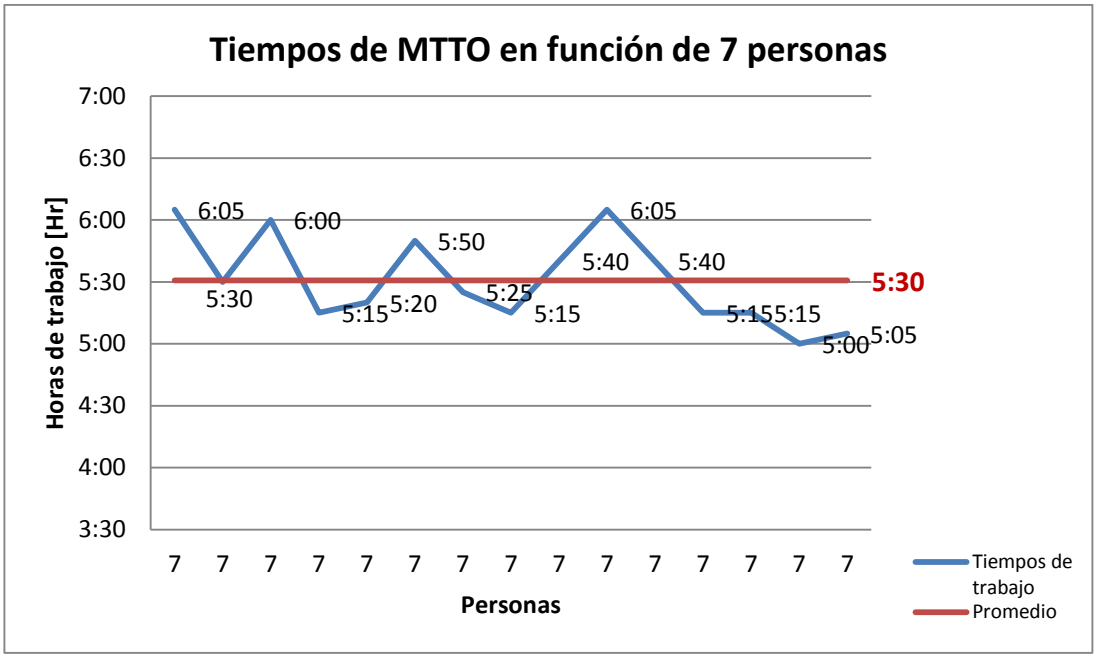

Ilustración 43. Tiempo de MTTO en función 7 personas

Fuente: Elaboración propia

De la *Ilustración 43* se tiene:

Tabla 26. Tiempos y HH para 7 técnicos

Tiempo Promedio	Tiempo Mínimo	Tiempo Máximo
5:30 hr	5:00 hr	06:05 hr
HH Promedio	**HH Mínimo**	**HH Máximo**
39 HH	35 HH	43 HH

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, si analizamos la variabilidad de los datos, se obtuvo que:

Tabla 27. Desviación estándar y tiempo estimado para 7 técnicos

Desviación Estándar σ	Tiempo estimado
22 minutos	5:30 hr ± 22 min
Desviación Estándar σ	**HH estimado**
3 HH	39 ± 3 HH

Fuente: Elaboración propia

6.8.3.2.2 6 Técnicos

Para el caso en que la IS fue realizada con 6 técnicos se la *Ilustración 44:*

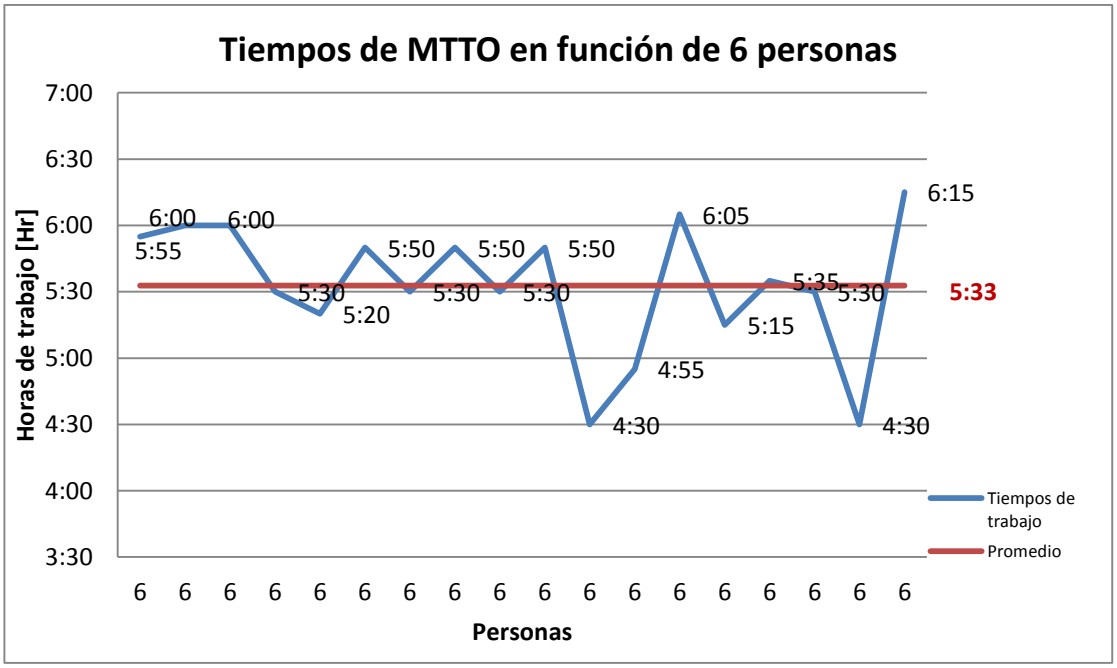

Ilustración 44. Tiempo de MTTO en función 6 personas

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar de la *Ilustración 44:*

Tabla 28. Tiempos y HH para 6 técnicos

Tiempo Promedio	Tiempo Mínimo	Tiempo Máximo
5:33 hr	4:30 hr	06:15 hr
HH Promedio	**HH Mínimo**	**HH Máximo**
33 HH	27 HH	38 HH

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, si analizamos la variabilidad de la *Ilustración 44*, se obtuvo que:

Tabla 29. Desviación estándar y tiempo estimado para 6 técnicos

Desviación Estándar σ	Tiempo estimado
30 minutos	5:33 hr ± 30 min
Desviación Estándar σ	**HH estimado**
3 HH	33 ± 3 HH

Fuente: Elaboración propia

6.8.3.2.3 5 Técnicos

Observando los trabajando de inspección de seguridad IS realizados con 5 técnicos se tiene:

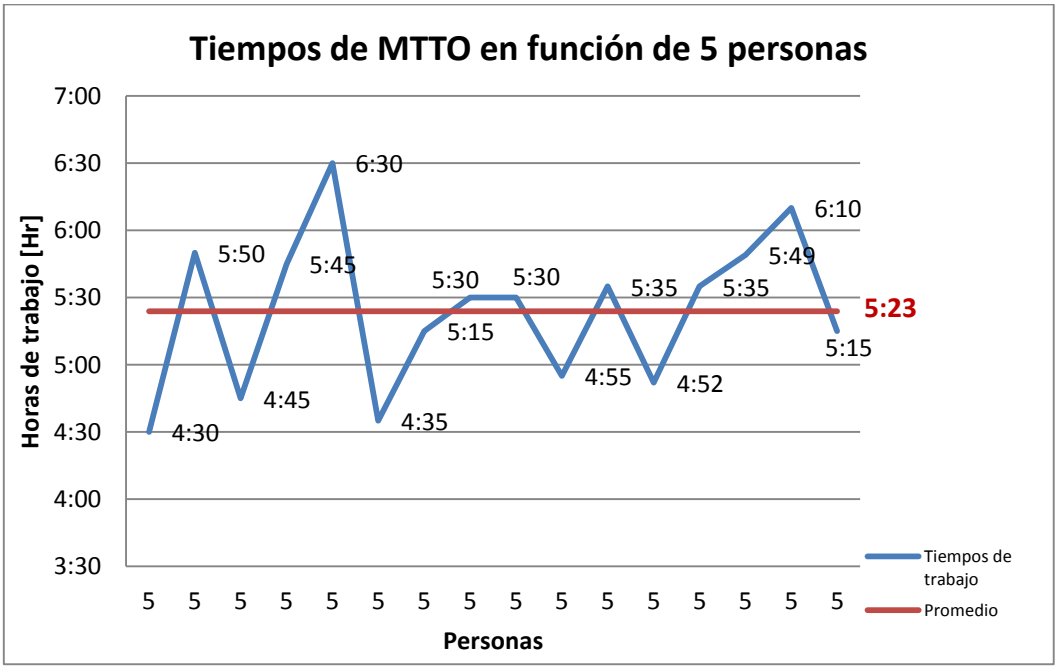

Ilustración 45. Tiempos de MTTO en función 5 personas

Fuente: Elaboración propia

Se puede observar en la *Ilustración 45:*

Tabla 30. Tiempos y HH para 5 técnicos

Tiempo Promedio	Tiempo Mínimo	Tiempo Máximo
5:23 hr	4:30 hr	06:30 hr
HH Promedio	**HH Mínimo**	**HH Máximo**
27 HH	23 HH	33 HH

Fuente: Elaboración propia

Así mismo, si analizamos la variabilidad de la *Ilustración 45*, se obtuvo que:

Tabla 31. Desviación estándar y tiempo estimado para 5 técnicos

Desviación Estándar σ	Tiempo estimado
27 minutos	5:23 hr ± 27 min
Desviación Estándar σ	**HH estimado**
3 HH	27 ± 3 HH

Fuente: Elaboración propia

6.8.3.3 Tiempo actual de mantenimiento, según las mediciones realizadas

A modo de contrastar la información oficial de los tiempos de las *fichas de trabajo*, se realizaron 8 mediciones del mantenimiento preventivo presencialmente, con la intención de realizar brechas y hallazgos.

Antes es importante comprender, que el mantenimiento se da por terminado cuando la tarea: "*Pruebas de salida*" se completa. Esta corresponde a la última actividad realizada en el mantenimiento IS y una vez completada el tren es entregado a Metro. Según los datos recopilados fruto de estas 8 mediciones, esta tarea tarda:

Tiempo duración tarea pruebas de salida: 9 ± 5 minutos,

Se realiza con 2 personas, con el tren energizado y dichas pruebas son realizadas en cabina.

Tabla 32. Tiempos de duración y cantidad de personas que participan en actividad pruebas de salida

Tiempo duración tarea pruebas de salida	Personas	Ubicación
9 ± 5 minutos	2	Cabinas de los coches

Sin embargo, esta tarea tiene un tiempo de desfase considerable entre la penúltima tarea realizada y las pruebas de salida, como se muestra en el gráfico a continuación:

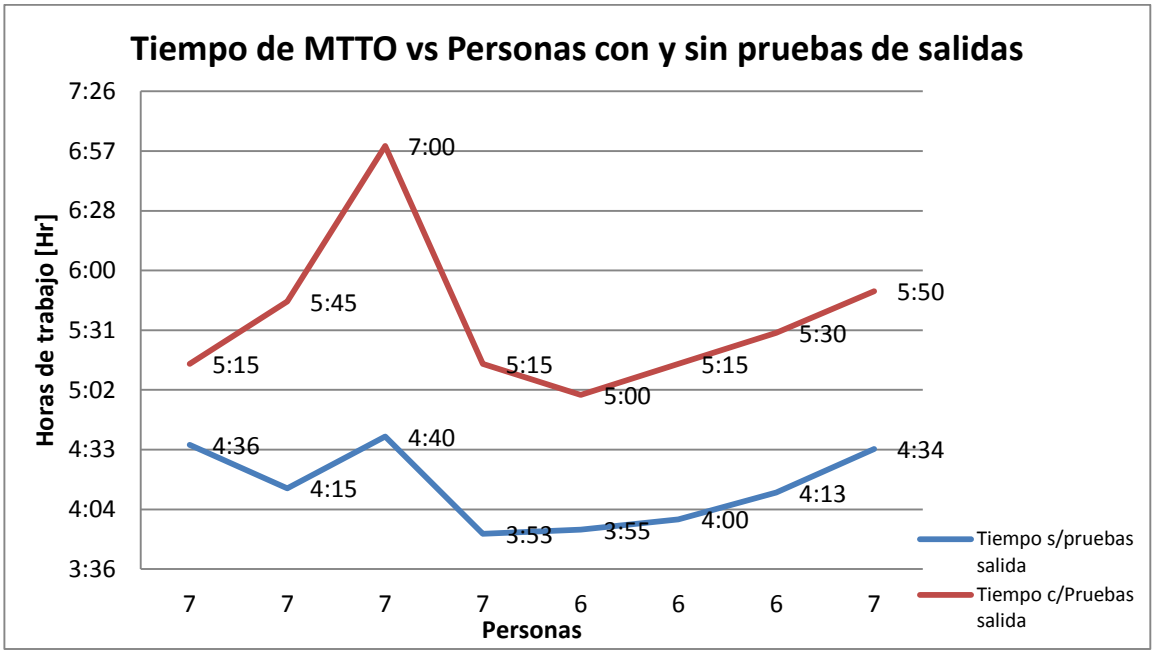

Ilustración 46. Tiempo vs Personas con y sin pruebas de salidas

Fuente: Elaboración propia

Si analizamos la *Ilustración 46*, se observa:

- En la tercera medición: el tren se entregó con 7 horas de trabajo. El tiempo máximo disponible se había definido como:

$$T\ disponibilidad\ tren_{real}\ \approx 06{:}00 - 06{:}30\ [horas]$$

  Esto quiere decir que se sobrepasó en 30 minutos del límite. Para este caso en particular, se debió exclusivamente a una falla correctiva del Freno de Inmovilización (FI), falla poco frecuente y puntual.

Debido a que es un caso puntual, se decidió eliminar ese dato, obteniendo el gráfico que se muestra a continuación:

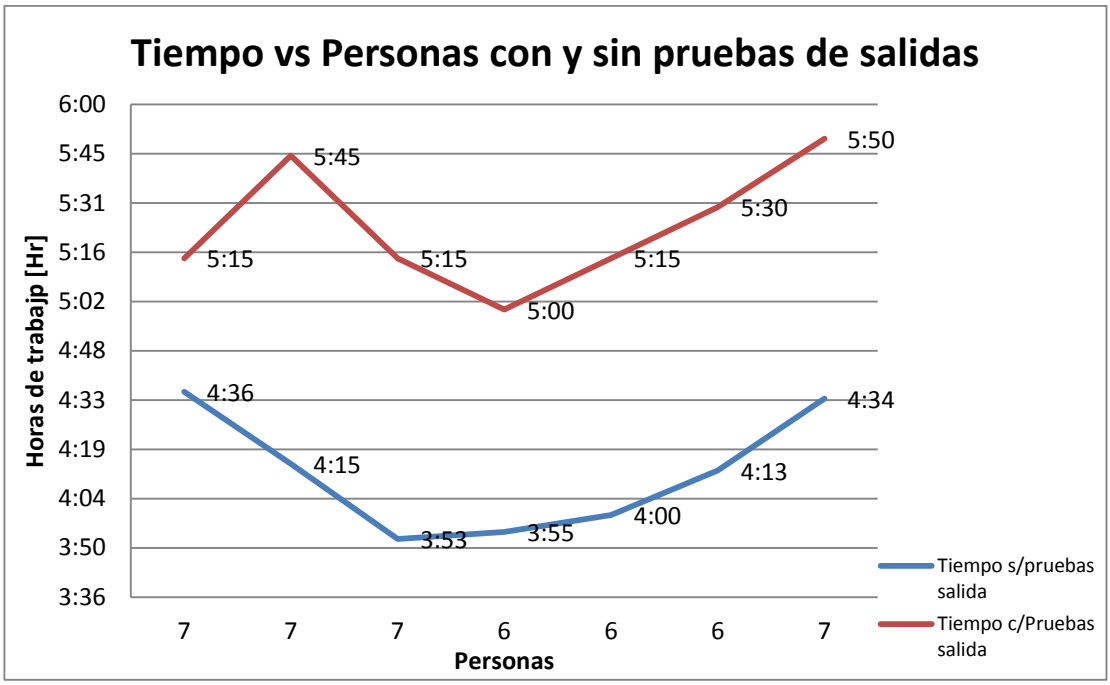

Ilustración 47. Tiempos vs Personas con y sin pruebas de salidas

Fuente: Elaboración propia

Tiempo de MTTO c/prueba de salida	Tiempo de MTTO s/prueba de salida
5:24 ± 18 minutos	4:12 ± 17 minutos

Se aprecia en la *Ilustración 47* que existe un **desfase** en **promedio de 1:12 [hora]** entre el **término** de la penúltima actividad (tiempo s/pruebas salida) y el **término** de la última actividad correspondiente a las pruebas de salida (tiempo c/pruebas salida).

Dicha hora parece ser excesiva, teniendo en consideración que la duración de la actividad pruebas de salida está en el orden de 9 ± 5 minutos. Al momento de preguntar el porqué de este desfase, los técnicos explicaron que es provocado porque:

- Una vez completada casi todas las actividades y cuando solo falta realizar las pruebas de salida, personal de aseo externo debe limpiar el interior del tren, antes de ser entregado a Metro Santiago.

El principal motivo de esto es la seguridad del personal, pues el tren debe estar des energizado para realizar la limpieza (durante las pruebas de salida, el tren se encuentra energizado).

Por lo tanto la hora aproximada en este desfase se podría considerar como *tiempo muerto*.

Se observó que esta situación siempre ocurrió en los mantenimientos visitados. Principalmente porque las actividades de mantenimiento que se realizan al interior del tren, son hechas en la última parte de la jornada y una vez completadas se avisa al personal de aseo.

Si esa fuese la causa raíz del problema, es posible eliminar completamente o buena parte del desfase: realizando las actividades que requieren ingresar al interior del tren en la primera mitad de la jornada, o avisando con antelación al personal externo del aseo y no esperando completar las tareas para ello (como se hace actualmente).

Por otra parte, debido a la "contaminación" de datos que genera ese desfase de una hora y en el intento de establecer un tiempo de mantenimiento actual para:

1) Saber cómo se trabaja actualmente
2) Tener una visión global del mantenimiento
3) Saber de cuánto tiempo se dispone, para desde ahí, comenzar a disminuir los tiempos de mantenimiento

Se ha decidido eliminar ese desfase. Por lo tanto, se considerará, según lo medido en la visitas al taller Lo Ovalle y según lo expuesto, el tiempo estimado de mantenimiento como:

- Tiempo de mantenimiento sin pruebas de salida: 4:12 ± 17 [Hr]
- Tiempo duración tarea Pruebas de salida: 9 ± 5 minutos

Teniendo:

$$\mathbf{T_{estimado\ actual\ mtto}} = T_{de\ mtto\ \mathrm{sin}\ pruebas\ de\ salida} + T_{duración\ tarea\ p.de\ salida}$$

$$\mathbf{T_{estimado\ actual\ mtto}} = (252 + 17) + (9 + 5)\ [min]$$

$$\mathbf{T_{estimado\ actual\ mtto}} = 283\ [min]$$

Por lo tanto se obtiene que:

$$\boldsymbol{Tiempo\ estimado\ actual\ mtto\ \approx 4{:}45\ [Hora]}$$

Siendo este tiempo, el tiempo referencial en el cual se podría llegar a completar el mantenimiento IS bajo las condiciones actuales y si tan solo se eliminara el desfase mencionado.

6.9 Conclusiones

Las conclusiones obtenidas fruto de lo desarrollado en el *CAPÍTULO 6: TIEMPOS Y PROCESOS EN TALLER LO OVALLE* y principalmente en el desarrollo del punto *6.8 Análisis de tiempo de mantenimiento* se presentan a continuación:

Del punto 6.8.2.1 IS visión general, en HH

En base a las Horas Hombres de los 55 mantenimientos analizados, se obtuvo las HH que actualmente se demoran los técnicos en entregar el tren terminado al cliente (Metro Santiago). Este se definió como:

HH de MTTO Inspección de seguridad (IS): 34 ± 7 HH.

Estando el 66% de los mantenimientos analizados dentro de esa cota.

Por otro lado, se observó una gran variabilidad en los datos de Horas Hombre presentados.

Seis sigma, define 6M como las 6 causas potenciales de la variabilidad en los procesos:

"El resultado de todo proceso se debe a la acción conjunta de las 6 M, por lo que si hay un cambio significativo en el desempeño del proceso, sea accidental u ocasionado, su razón se encuentra en una o más de las 6 M" [14]

Estas se clasifican en: Materiales, Maquinaria, Mano de Obra, Mediciones, Medio ambiente y Métodos.

Es así, que dentro de las causas principales de dicha variación se tienen:

Mano de obra:

Supervisión deficiente: Se observó que en todos los mantenimientos visitados, el supervisor realiza tareas de técnico, dificultando su labor de controlar y supervisar el trabajo realizado por el resto del personal.

Variabilidad de personal: No existe una cantidad definida de personas para cada tipo de actividad.

Métodos:

Falta de estandarización en los procesos: Los procesos no se encuentran debidamente estandarizados, causando que los técnicos no sepan la forma más eficiente de distribuir la carga de trabajo.

Fichas de trabajo desactualizadas: La ficha de trabajo para el mantenimiento Inspección de Seguridad IS, no ha sido debidamente actualizada, conteniendo procesos obsoletos, duplicación de procesos y un diseño deficiente que tiene poca legibilidad y que dificulta la distribución del trabajo.

Máquinas o equipos:

Falta de herramientas: Para ciertos trabajos solo existe una herramienta, dificultando que se pueda incorporar mayor cantidad de gente a la actividad. Por otro lado, hay herramientas que no tienen repuesto.

Desorden de herramientas: Las herramientas se encuentran lejanas al lugar de trabajo y desordenadas, dificultando su uso.

Mediciones:

Falta de instrumentos: Para ciertas tareas, técnicos señalan no contar con todos los instrumentos adecuados para realizar su trabajo.

Instrumentos sin repuestos: Existen instrumentos que no tienen remplazo inmediato.

Instrumentos lejanos al lugar del trabajo: Lo que genera excesos de desplazamientos.

Para el caso de **Medio ambiente**, y **Materiales** si bien pueden tener incidencia en la variabilidad ya mencionada, esta se considera marginal para la información que ha sido analizada durante este informe: Los tiempos y la estandarización de procesos en el mantenimiento.

Por último la propuesta de valor que se presenta en el *CAPÍTULO 7: FORMA DE TRABAJO Y PROPUESTA DE VALOR* y mediante la herramienta de estandarización se buscará reducir dicha variabilidad.

En el punto 6.8.2.2.1 HH en los cambios correctivos

En base a los mantenimientos analizados, se concluye que el gasto de HH en cambios correctivos de IS que acontece actualmente corresponde a:

HH en cambios correctivos de IS: 1,8 ± 2,2 HH

Estando el 93% de los mantenimientos estudiados dentro de esa cota.

En el punto 6.8.2.2.2 Incidencia de los cambios correctivos en las HH en IS

Se concluyó que los cambios correctivos tienen una incidencia marginal en el incremento de las HH en el mantenimiento de IS.

Del punto 6.8.2.3 Número de coches mantenidos, en HH

Tanto en la *Ilustración 39* como en la *Ilustración 40* se observó que no existe una diferencia considerable entre las Horas Hombre de trenes de 7 coches u 8 coches.

Además se obtuvieron curvas muy similares con la dispersión de datos:

$$Recta\ de\ 7\ coches: y = 0{,}109x + 31{,}91$$
$$Recta\ de\ 8\ coches: y = 0{,}0838x + 32{,}11$$

Por lo tanto, y fruto de lo expuesto, se concluye que el número de coches no incide de forma significativa en las Horas Hombres del mantenimiento IS

Del punto 6.8.3.1 Tiempos de mantenimiento de IS, visión general

En base a las fichas de trabajo (documento oficial, llenado por los técnicos) se obtuvo una definición inicial de *Tiempo real de mantenimiento*: Es el tiempo que actualmente se demoran los técnicos en entregar el tren terminado a metro. Su duración se estableció como:

Tiempo real de MTTO ≈ 5 – 6 [horas]

En donde el 73% de los mantenimientos de IS se encuentran dentro de este rango de tiempo.

Del punto 6.8.3.2 Tiempos de mantenimiento en función de la cantidad de técnicos.

En base a la información proporcionada por las fichas de trabajo, la recopilación de conclusiones obtenidas en este ítem se presenta a continuación:

Tabla 33. Tiempos de mantenimiento según cantidad de personas

	TIEMPO				HH			
Personas	Tiempo Promedio	Tiempo Mínimo	Tiempo Máximo	Desv est. σ	HH Promedio	HH mínimo	HH Máximo	Desv. Est
7	5:30 hr	5:00 hr	6:05 hr	22 min	39 HH	35 HH	43 HH	3 HH
6	5:33 hr	4:30 hr	6:15 hr	30 min	33 HH	27 HH	38 HH	3 HH
5	5:23 hr	4:30 hr	6:30 hr	27 min	27 HH	23 HH	33 HH	3 HH

Fuente: Elaboración propia

No existe una diferencia considerable de tiempos promedios entre 7, 6 y 5 personas.

También se observa que las dispersiones en todas las mediciones son similares. Fruto de esta información se puede concluir que la cantidad de técnicos no está relacionada de forma directa con una disminución de tiempos de mantenimiento, resultado que es contrario a lo que se espera.

Se considera que el motivo principal es la necesidad de estandarización. Esto provoca que la incorporación adicional de técnicos en las tareas no sea notoria.

Se estima que con un procedimiento claro y una adecuada distribución de carga, generará como resultado una reducción de forma considerable de los tiempos de mantenimiento y en consecuencia, aumento de productividad.

Del punto 6.8.3.3 Tiempo actual de mantenimiento, según las mediciones realizadas

Por último, en base a la información obtenida durante las 8 visitas al Taller Lo Ovalle y las mediciones de tiempo realizadas:

- Se da cuenta de una brecha correspondiente a un *tiempo muerto* de aproximadamente 1 hora, que se observó en todos los casos medidos.

Debido a ese *tiempo muerto* encontrado y descrito, y en el intento de establecer la duración de los mantenimientos, se concluye que los tiempos que más se acercan a la realidad son los tiempos **sin considerar** el desfase de 1 hora de las *pruebas de salidas* mencionado.

Por lo tanto, según lo estudiado el tiempo actual de mantenimiento correspondería:

- Tiempo medido de mantenimiento sin pruebas de salida: 4:12 ± 17 [Hr]
- Tiempo medido Pruebas de salida: 9 ± 5 minutos

Tiempo estimado actual de mantenimiento ≈ 4:45 [Hora]

Siendo este tiempo, el tiempo referencial en el cual se podría llegar a completar el mantenimiento IS bajo las condiciones actuales y si tan solo se eliminara el desfase mencionado.

En resumen las **Horas Hombres** de mantenimiento se distribuyen como se muestra a continuación:

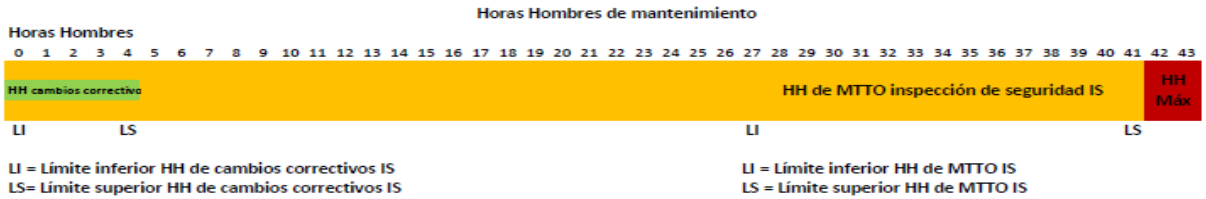

Ilustración 48. HH de mantenimiento

- **HH de MTTO Inspección de seguridad (IS):** Corresponde a la duración actual del mantenimiento en términos de Horas Hombres. El 66% de los mantenimientos se encuentran en este rango de valores

HH de MTTO IS
34 ± 7 HH

- **HH en cambios correctivos de IS:** Corresponde a la duración actual de los cambios correctivos en términos de Horas Hombres. El 93% de los mantenimientos estudiados caen en esta cota

HH en cambios correctivos
1,8 ± 2,2 HH

- **HH máximo disponible**: Corresponde a la cantidad máxima de Horas Hombres que se pueden producir. Según la empresa, un trabajador tiene un tiempo de trabajo efectivo de 7,2 HH.
  Realizando una simulación para el caso actual de 6 técnicos + 1 supervisor se tiene:

$$HH \text{ max} = 7{,}2\ HH * 6\ técnicos \approx\ 43\ HH$$

HH máximo disponible
43 HH

En resumen los **tiempos de mantenimiento** se distribuyen como se muestra en la *Ilustración 49:*

Ilustración 49. Tiempo de mantenimiento

En donde:

- **Tiempo estimado actual de mantenimiento:** Corresponde al tiempo que tardaría terminar el mantenimiento IS en las condiciones actuales, eliminando el *desfase en las pruebas de salidas*. Por lo tanto corresponde al tiempo desde el cual se debe comenzar a hacer las mejoras.

Tiempo estimado actual de MTTO
04:45 hr

- **Tiempo real de mantenimiento:** Es el tiempo que actualmente se demoran los técnicos en entregar el tren terminado a metro. Este tiempo se determinó mediante las fichas de trabajo llenadas por los técnicos. El 73% de los mantenimientos se encuentran entre la cota de Límite inferior y límite superior de MTTO.

Tiempo real de MTTO	Límite inferior tiempo MTTO	Límite superior tiempo MTTO
5:30 hr ± 28 min	05:00 hr	6:00 hr

- **Tiempo disponibilidad tren real:** Corresponde al tiempo límite máximo para la entrega del tren. Se cuenta con 6:00 – 6:30 horas de trabajo (lead time) para mantener el tren.

$$T\ disponibilidad\ tren_{real}\ \approx 06:00 - 06:30\ [horas]$$

Capítulo 7: Forma de trabajo y propuesta de valor

En este capítulo, se describirá y analizará la forma que es ejecutado el trabajo por los técnicos según cada grupo de distribución. Los grupos de distribución fueron descritos en el punto *6.3 Distribución del trabajo por parte de los técnicos en IS Taller Lo Ovalle* como:

- Pruebas de entrada, grupo 1, grupo 2, grupo 3, grupo 4 y pruebas de salida

Posteriormente se generará una propuesta de valor acorde a la información obtenida, esta consistirá en:

- Establecer y posteriormente estandarizar los tiempos por cada actividad
- Reordenar las actividades en una secuencia de trabajo lógica, en función de:
    - Mejor utilización del tiempo disponible
    - Desplazamientos y disposición del tren
    - Técnicos disponibles
- Establecer desplazamientos para cada una de las actividades.

La información en este capítulo referente a las actividades que deben ser realizadas en el mantenimiento de IS fueron recopiladas de las *fichas de control para inspección de seguridad NS2004* (fichas de trabajo utilizada por los técnicos) en conjunto con el *manual de mantenimiento tren NS2004.*

La información respecto a los tiempos y duración de cada actividad, fue medida y recopilada presencialmente durante las visitas a las jornadas de IS, mediante la técnica de *Lean Manufacturing* "SMED".

Finalmente cualquier otra información adicional así como los detalles particulares de cada actividad, fue reunida mediante la observación durante el desarrollo de las tareas y mediante preguntas a los técnicos en el lugar de trabajo.

7.1 Grupo 0: Pruebas de entrada

Corresponde a la primera actividad realizada durante la jornada Laboral de IS. Acá se realizan pruebas generales en las cabinas, se revisa el estado de las luminarias y se revisa que elementos han sufrido vandalismo.

7.1.1 Listado de actividades realizadas:

A continuación se presenta un listado en detalle de todas las actividades realizadas por los técnicos durante las pruebas de entrada y su ubicación respectiva en las fichas de trabajo actuales:

Tabla 34. Listado de actividades pruebas de entrada

Actividad	Página en ficha de trabajo
Verificación, control del estado y funcionamiento	**Entrada**
Mangas de aire entre coches	Entrada
Cables de interconexión entre coches	Entrada
Estado limpiaparabrisas (control, limpieza y relleno)	Entrada
Batería cargada	Entrada
Palanca selectora marcha posición freno urgencia	Entrada
Llave selección lado puertas Posición NEUTRO	Entrada
Ventilación salón posición normal	Entrada
Paneles disyuntores conectados	Entrada
Presión tubería principal 8.5 a 10 BAR	Entrada
Fallas relevantes(Pantalla monitoreo Fallas)	Entrada
Lámparas del pupitre	Entrada
Luces identificación	Entrada
Ventilación y calefacción Cabina	Entrada
Control freno emergencia	Entrada
Llave urgencia KSA	Entrada
Sonorización	Entrada
Manipulador principal: CTRL juntas labiales	Entrada
Selector de conducción	Entrada
Asiento conductor (tapiz, piezas móviles, ejes y pasadores)	Entrada
Asiento instructor (tapiz, piezas móviles, ejes y pasadores)	Entrada
Bocina (inspeccionar funcionamiento)	Entrada
Inspeccionar el estado del extinguidor incendio	Entrada
Verificación del estado y funcionamiento	Entrada
Colchones de suspensión neumática	Entrada
Verificación del estado y funcionamiento	Entrada
Cierre y apertura de puertas	Entrada
Verificación llave de servicio interna-externa salón y cabina	Entrada2
Verificar el funcionamiento de las llaves de servicio interna y externa	Entrada2
Revisión del cable de acero y del micro-switch	Entrada2
Supervisor / BCU :	Entrada2
Descarga de los eventos memorizados	Entrada2

Iluminación cabina salón:	Entrada2
Verificar estado de luminiscencia lámparas (Cambiar quemadas y con aspecto anormal)	Entrada2
Pasamanos y columnas apoyo:	Entrada2
Controlar estado y apriete	Entrada2
Motor del Impulsor del Salón y Cabina	1
Verificar existencia de ruidos anormales en los rodamientos para identificar los dañados	1
Manómetro de Presión	9
Visualizar el funcionamiento de la lámpara de los manómetros, si esta averiada cambiar.	9
Control del estado general de puerta laterales de cabina	11
Verificar ausencia de hendiduras	11
Verificar ausencia de rayaduras	11
Verificar ausencia de vidrio en mal estado	11
Verificar presencia de cerradura, cierre y apertura	11
Realizar cierre fuerte de puerta para probar cerradura	11
Verificar funcionamiento del deslizamiento ventana	11
Verificar estado de guía superior	11
Verificar estado de patín de puerta	11
Verificar junta delantera del apoyo vedamiento y la base superior.	11
Mecanismo de suspensión	11
Constatar manualmente el movimiento libre y satisfactorio del mecanismo de suspensión de la puerta de cabina en los sentidos de apertura y de cierre.	11
Constatar visualmente el estado de los batientes en las condiciones satisfactorias de aplicación. Y detectar ruidos anormales.	11
Control del estado general y limpieza de las puertas de inter-circulación cabina salón	14
Verificar ausencia de hendiduras	14
Verificar ausencia de rayaduras	14
Verificar vidrio en mal estado	14
Verificar cerradura, cierre y apertura	14
Verificar la existencia de roce en el piso y marcos	14
Verificar funcionamiento los pomelos	14
Verificar patín de puerta	14
Verificar junta delantera del apoyo vadamiento y la base superior.	14
Indicación de elementos dañados por vandalismo.	15

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.1.2 Descripción de la forma actual de realizar la tarea

Actualmente a grandes rasgos esta tarea comprende las siguientes actividades:

Pruebas de entrada 4-5 personas
• Pruebas de entrada: Pruebas en cabinas • Interiorismo: Inspección de luminaria, dovelas y pasamanos • Vandalismo: Inspección de vandalismo.

Por otro lado, para mejorar la comprensión de esta labor, se ha realizado un recuadro en donde:

Las condiciones fijas, son las situaciones que se repitieron en todas las IS estudiadas, mientras que las *condiciones variables* corresponden a las actividades o situaciones que fueron teniendo variaciones a lo largo del estudio:

Tabla 35. Condiciones fijas y variables en pruebas de entrada

Variable	Condiciones fijas	Condiciones Variables
Cantidad de personas	2 personas: Una persona por cabina realizando las pruebas de entrada.	Cantidad de personas realizando actividades de interiorismo y vandalismo: Existieron casos en donde hubo 2 personas adicionales o 3 personas adicionales.
Herramientas	Técnicos siempre llevan kit de herramientas básicas para realizar las tareas	
Desplazamientos	Los técnicos se desplazan de forma lógica dentro del tren, intentando optimizar excesos de desplazamientos (pese a que no existe claridad de distribución de actividades)	
Distribución de carga de trabajo		La cantidad de técnicos que participa varía. Además se observó ausencia de algunos técnicos en esta actividad.

Fuente: Elaboración propia

7.1.3 Cantidad de personas y tiempos promedios de duración

Producto de las mediciones realizadas, se observó la frecuencia de técnicos que realizan dicha labor y el tiempo que toma terminar la actividad. Los resultados se observan en el gráfico a continuación:

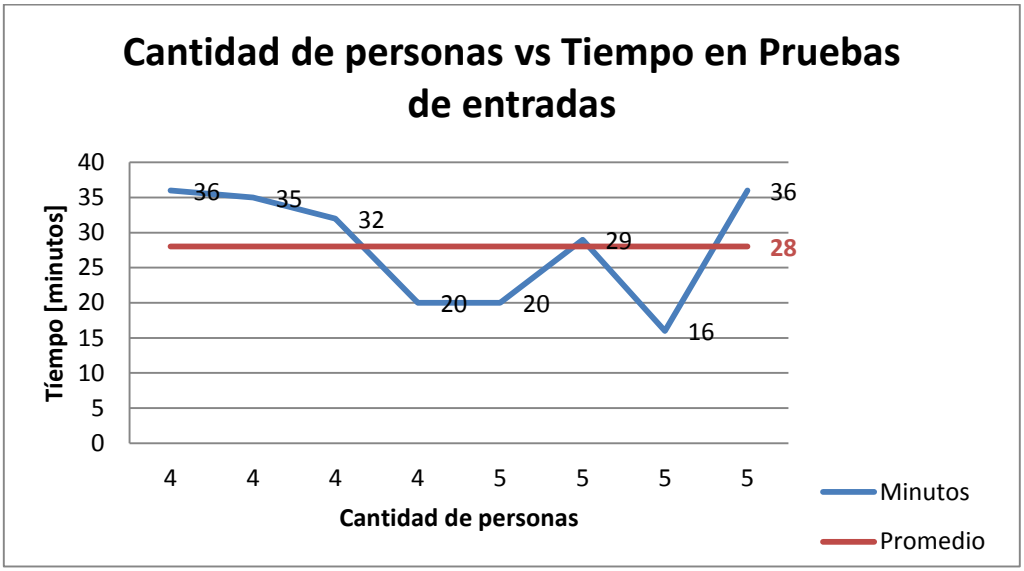

Ilustración 50. Gráfico Cantidad personas vs Tiempo en pruebas de entradas

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	4-5
Tiempo mínimo de duración	16 minutos
Tiempo máximo de duración	36 minutos
Tiempo estimado de duración	**28 ± 8 minutos**
HH promedio de duración (min)	**125 ± 35 HH**

De la información que otorga la *Ilustración 50*, si se realiza una comparación en la duración de la actividad con 4 versus 5 personas, se aprecia que no hubo gran incidencia en la reducción de tiempo. Esto puede deberse a que la distribución de trabajo no es la más adecuada, existiendo una necesidad de estandarización de los procesos.

A continuación, se presenta una tabla con la asistencia de técnicos a esta actividad, sin considerar al supervisor:

Tabla 36. Tabla de asistencia a pruebas de entradas, sin considerar supervisor

Medición	Asistencia técnicos (sin supervisor)	Cantidad de técnicos en las pruebas de entrada	Dif de técnicos	Tiempo de ejecución de la tarea
1	6	4	-2	36
2	6	4	-2	35
3	6	4	-2	32
4	6	4	-2	20
5	5	5	0	20
6	5	5	0	29
7	5	5	0	16
8	6	5	-1	36

Se observa que no siempre estuvieron todos los técnicos participando de ella. Desde la medición 1 al 4 se ausentaron dos técnicos a esta actividad, pese a que estaban físicamente en el taller. Mientras que en la medición 8 faltó un técnico a la actividad pese a que estaba físicamente en el taller Lo Ovalle.

Además se destaca que en la jornada 5, 6 y 7 se ausentó un técnico por motivos de salud, estando solo 5 técnicos para realizar el mantenimiento de IS.

7.1.4 Cambios correctivos

Se observó que la cantidad de técnicos que debe ir a cada cambio correctivo no está establecida. Los cambios correctivos principales en este grupo se concentran en:

- Tubo de luz
- Inversores
- Reactores
- Tapas KSA

Los últimos tres elementos del listado suelen tener cambios marginales comparados con los cambios de tubos de luz, por esa razón se ha decidido no ahondar en ellos.

El promedio de tubos cambiados por mantenimiento (basado en el período Septiembre 2014 – Junio 2015 en IS), corresponde a:

- 8 tubos por tren / MTTO

Según las mediciones realizadas, el cambio de estos suele ser rápido, demorándose en ≤ 30 segundos por tubo**.** Por lo tanto, la incidencia de estos cambios en las pruebas de entrada, es marginal.

7.1.5 Conclusiones

Por lo tanto se concluye que las variables de mayor incidencia en el tiempo y productividad de esta actividad, son:

- Orden correcto de las tareas a realizar
- Desplazamientos
- Distribución óptima de personas

Y las de menor incidencia son:

- Cambios correctivos. Debido a que son de cambio rápido y no se requiere tiempo adicional de la actividad para realizarlas
- Orden de herramientas. Debido a que son pocas las herramientas requeridas para este proceso y además cada técnico carga con ellas

7.1.6 Propuesta de valor

La propuesta de valor consiste en definir la cantidad de personas requeridas para esta actividad, el tiempo para la tarea, su forma de distribución y su desplazamiento

En este apartado se presenta como se realizará la distribución de los trabajadores para esta actividad, generando la siguiente secuencia:

Tabla 37. Secuencia de actividades propuesta de valor prueba de entrada

Nivel	Tarea	Cantidad de personas	Trabajador	Páginas de trabajo involucradas
0	Pruebas de entrada	2	A-B	Entrada, Entrada2, 9, 11
0	Vandalismo	2	C-D	Entrada2, 11, 14, 15
0	Iluminación cabina salón	2	E-F	Entrada2

Fuente: Elaboración propia

Se observa que las tres tareas tienen el mismo nivel (0). Este número representa la secuencia de trabajo de cada grupo de técnicos. En este caso, las tres actividades serán realizadas simultáneamente.

7.1.6.1 Tiempo y cantidad de personas

A continuación, se presenta un cuadro comparativo de cómo se está haciendo la actividad actualmente versus la propuesta de valor.

Tabla 38. Tiempo y cantidad de personas Actual vs Propuesta de valor

Variable	Actualmente	Total	Propuesta de valor
Cantidad de personas	4-5	-	**6**
Tiempo de tarea	28 ± 8 minutos	**36 minutos**	**25 minutos**
Cantidad de HH	125 ± 35 minutos	**160 minutos**	**150 minutos**

Fuente: Elaboración propia

Se estima que un incremento de las personas que realizan la actividad, un ordenamiento de lo que hará cada persona, y un correcto desplazamiento puede generar una reducción del 30% del lead time, lo que se traduce en una reducción aproximada de 10 minutos en esta actividad.

7.1.6.2 Distribución y desplazamiento

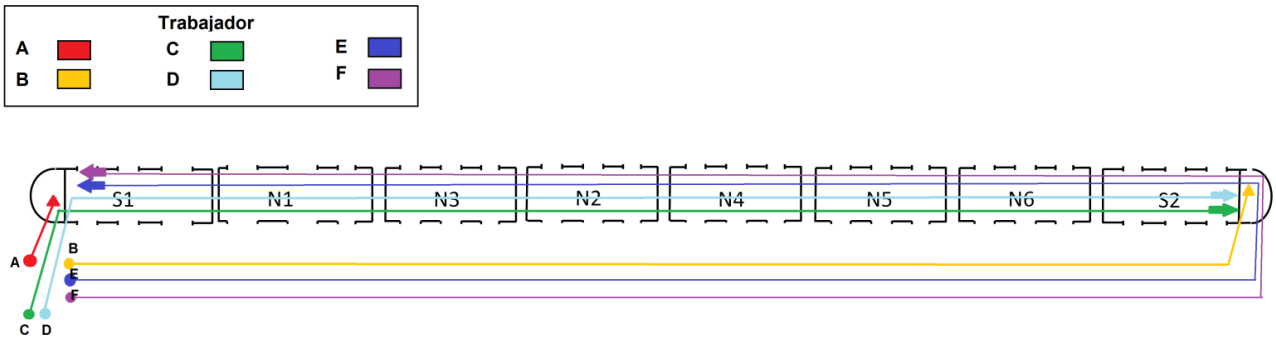

Ilustración 51. Distribución y desplazamiento para pruebas de entrada

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Tanto los trabajadores **A y B** estarán en su respectivas cabinas realizando las *pruebas de entrada*.

Los técnicos **C y D**, ingresarán al tren y realizarán actividades inspección *vandalismo* desplazándose a lo largo de este.

Mientras que **E y F** realizarán *revisión de iluminación* en el tren, que una vez completada, y si es necesario, realizarán los cambios correctivos.

7.1.6.3 Listado de actividades involucradas

Las actividades **pruebas de entradas** corresponden a las listadas a continuación, realizadas por los **técnicos A y B** en la cabina del tren NS04:

Tabla 39. Listado de actividades pruebas de entrada

Actividad	Página en ficha de trabajo
Verificación, control del estado y funcionamiento	Entrada
Mangas de aire entre coches	Entrada
Cables de interconexión entre coches	Entrada
Estado limpiaparabrisas (control, limpieza y relleno)	Entrada
Batería cargada	Entrada
Palanca selectora marcha posición freno urgencia	Entrada
Llave selección lado puertas Posición NEUTRO	Entrada
Ventilación salón posición normal	Entrada
Paneles disyuntores conectados	Entrada
Presión tubería principal 8.5 a 10 BAR	Entrada
Fallas relevantes(Pantalla monitoreo Fallas)	Entrada
Lámparas del pupitre	Entrada
Luces identificación	Entrada
Ventilación y calefacción Cabina	Entrada
Control freno emergencia	Entrada
Sonorización	Entrada
Manipulador principal: CTRL juntas labiales	Entrada
Selector de conducción	Entrada
Asiento conductor (tapiz, piezas móviles, ejes y pasadores)	Entrada
Asiento instructor (tapiz, piezas móviles, ejes y pasadores)	Entrada
Bocina (inspeccionar funcionamiento)	Entrada
Inspeccionar el estado del extinguidor incendio	Entrada
Verificación del estado y funcionamiento	Entrada
Colchones de suspensión neumática	Entrada
Verificación del estado y funcionamiento	Entrada
Cierre y apertura de puertas	Entrada
Verificación llave de servicio interna-externa salón y cabina	Entrada2
Verificar el funcionamiento de las llaves de servicio interna y externa	Entrada2
Revisión del cable de acero y del micro-switch	Entrada2
Supervisor / BCU :	Entrada2
Descarga de los eventos memorizados	Entrada2

Manómetro de Presión	9
Visualizar el funcionamiento de la lámpara de los manómetros, si esta averiada cambiar.	9
Mecanismo de suspensión	11
Constatar manualmente el movimiento libre y satisfactorio del mecanismo de suspensión de la puerta de cabina en los sentidos de apertura y de cierre.	11
Constatar visualmente el estado de los batientes en las condiciones satisfactorias de aplicación. Y detectar ruidos anormales.	11

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Las actividades **vandalismo** se listan a continuación. Estas serían realizadas por los **técnicos C y D**, desplazándose a lo largo del coche:

Tabla 40. Listado de actividad vandalismo

Actividad	Página en ficha de trabajo
Pasamanos y columnas apoyo:	Entrada2
Controlar estado y apriete	Entrada2
Control del estado general de puerta laterales de cabina	11
Verificar ausencia de hendiduras	11
Verificar ausencia de rayaduras	11
Verificar ausencia de vidrio en mal estado	11
Verificar presencia de cerradura, cierre y apertura	11
Realizar cierre fuerte de puerta para probar cerradura	11
Verificar funcionamiento del deslizamiento ventana	11
Verificar estado de guía superior	11
Verificar estado de patín de puerta	11
Verificar junta delantera del apoyo vedamiento y la base superior.	11
Control del estado general y limpieza de las puertas de inter-circulación cabina salón	14
Verificar ausencia de hendiduras	14
Verificar ausencia de rayaduras	14
Verificar vidrio en mal estado	14
Verificar cerradura, cierre y apertura	14
Verificar la existencia de roce en el piso y marcos	14
Verificar funcionamiento los pomelos	14
Verificar patín de puerta	14
Verificar junta delantera del apoyo vadamiento y la base superior.	14
Indicación de elementos dañados por vandalismo.	15

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Esta actividad, además incluiría el **cambio correctivo de pasamanos**. Cambio que es actualmente realizado por los técnicos en el grupo 4 interior coche (para mayor información ver *7.5.4 Cambios correctivos* de grupo 4).

Por último, las actividades **Iluminación cabina salón,** se presentan en la tabla a continuación y sería realizada por los **técnicos E y F:**

Tabla 41. Listado actividades Iluminación cabina salón

Actividad	Página en ficha de trabajo
Llave urgencia KSA	Entrada
Iluminación cabina salón:	Entrada2
Verificar estado de luminiscencia lámparas (Cambiar quemadas y con aspecto anormal)	Entrada2
Motor del Impulsor del Salón y Cabina	1
Verificar existencia de ruidos anormales en los rodamientos para identificar los dañados	1

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Además esta actividad contempla realizar los **cambios correctivos de los tubos fluorescentes** que así requieran.

7.1.6.4 Cambios correctivos

Los cambios correctivos más frecuentes en las pruebas de entradas con su respectiva estandarización, se presentan a continuación:

Tabla 42. Cambios correctivos frecuentes en pruebas de entrada

Actividad	Tiempo de cambio	Personas	Grupo
Cambio de luminaria	0,5 minuto por c/ tubo	1	E-F
Cambio de pasamanos	1 minutos por c/ pasamano	1	C-D

Fuente: Elaboración propia

En donde los técnicos del grupo E-F de manera individual realizarán el cambio de luminaria.

Por otro lado, los técnicos del grupo C-D de manera individual realizarán el cambio de los pasamanos que sean necesarios.

7.2 Grupo 1: Bajo bastidor

Es el grupo que le sigue a las pruebas de entrada y corresponde a uno de los cuatro grupos que se realizan simultáneamente en el mantenimiento de IS. El lugar físico de trabajo corresponde a bajo bastidor foso, en donde se realizan tanto inspecciones visuales, como de medición y limpieza de algunos elementos ubicado bajo el tren.

7.2.1 Listado de actividades realizadas

A continuación se presenta en detalle el listado de actividades realizadas para el grupo 1:

Tabla 43. Listado de actividades grupo 1 bajo bastidor

Actividad	Página en ficha de trabajo
Acoplamiento (ESCO)	2
Control de presencia y apriete de tornillos y tuercas de sujeción a 2.8 daNm	2
Motor tracción	2
En la sujeción del motor, control del buen estado y la presencia de los ejes de seguridad y de los pasadores.	2
Control de la válvula de nivelación	2
Control general: elementos de sujeción y estanqueidad	2
Control General Boguie Motriz	7
Control visual de golpes bajo bastidor o laterales	7
Control visual de shunt, acopladores.	7
Verificación de fugas de aire o de aceites	7
Verificación visual de bielas de arrastre y articulaciones	7
Control del torque o marca del torque de los estanques auxiliares	7
Inspección del tapón imantado: Verificar particulado metálico	7
Control General Boguie Remolque	7
Control visual de golpes bajo bastidor o laterales	7
Verificación de fugas de aire o de aceites	7
Verificación visual de bielas de arrastre y articulaciones	7
Control del torque o marca del torque de los estanques auxiliares	7
Inspección del conjunto boguie	7
Captador de corriente negativo	8
Medicion del desgaste de pistas de rozamiento negaitivo en mm cambiar si A es menor o igual a 27 mm	8
Conjunto Frotador negativo	8
Control visual del estado general	8
Control de la presencia de todas las piezas de rozamiento	8
Control visual del estado de la trenza de alimentación	8

Control de la posición (paralelismo al riel) y del movimiento	8
Control del aislador que no presente fisuras	8
Limpieza del conjunto	8
Motor compresor	9
Visualización del nivel del aceite	9
Revisar el filtro de aire. Si está saturado cambiarlo	9
Depósito principal de aire 250 L	10
Verificar la estanqueidad del depósito. Probar con agua y jabón o con la pistola de ultrasonido	10
Control de Semibarra Ver 62.000D	12
Inspección visual	12
Lubricación semibarra (en 1)	12
Limpieza de semibarra	12
Anotar desplazamiento de Semi Barra en mm	12
Nivel de exudaciones	9

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.2.2 Descripción de la forma actual de realizar la tarea

Para describir esta actividad, se ha decidido dividir la tarea en subgrupos cronológicamente (tal como lo hacen los técnicos) a modo de comprender mejor los tiempos y cantidades de personas involucradas en estos:

Grupo 1 Bajo Bastidor 2 personas
a) Frotadores Negativos: Inspección y medición de desgaste. Motor compresor: Nivel de aceite y cambio de filtro. Visuales bajo bastidor. b) Exudaciones c) Semibarra: limpieza y engrase

Ilustración 52. Secuencia de trabajo, grupo 1

Inicio	Frotadores negativos/ Motor compresor/visuales bajo bastidor	Exudaciones	Limpieza y engrase Semibarra	**Fin**

En donde se observa que lo primero que realizan son las actividades relacionadas con Frotadores Negativos/ Motor compresor/ Visuales bajo bastidor, para proseguir casi sobre la marcha con exudaciones.

Posteriormente viene la tarea que resulta ser la más desgastante en términos de HH y carga laboral de este grupo que tiene relación con la limpieza y engrase de semibarra.

7.2.2.1 Frotadores negativos/ Motor compresor/ Visuales bajo bastidor

Este subgrupo de actividades es el primero realizado por los técnicos en la secuencia mostrada anteriormente.

Está comprendida por las siguientes actividades:

Tabla 44. Listado actividades Frotador negativo

Actividad	Página en ficha de trabajo
Captador de corriente negativo	8
Medición del desgaste de pistas de rozamiento negativo en mm cambiar si A es menor o igual a 27 mm	8
Conjunto Frotador negativo	8
Control visual del estado general	8
Control de la presencia de todas las piezas de rozamiento	8
Control visual del estado de la trenza de alimentación	8
Control de la posición (paralelismo al riel) y del movimiento	8
Control del aislador que no presente fisuras	8
Limpieza del conjunto	8

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Tabla 45. Listado actividades Motor compresor

Actividad	Página en ficha de trabajo
Motor compresor	9
Visualización del nivel del aceite	9
Revisar el filtro de aire. Si está saturado cambiarlo	9
Depósito principal de aire 250 L	10
Verificar la estanqueidad del depósito. Probar con agua y jabón o con la pistola de ultrasonido	10

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Tabla 46. Listado actividad Visuales bajo bastidor

Actividad	Página en ficha de trabajo
Acoplamiento (ESCO)	2
Control de presencia y apriete de tornillos y tuercas de sujeción a 2.8 daNm	2
Motor tracción	2
En la sujeción del motor, control del buen estado y la presencia de los ejes de seguridad y de los pasadores.	2
Control de la válvula de nivelación	2
Control general: elementos de sujeción y estanqueidad	2
Control General Boguie Motriz	7
Control visual de golpes bajo bastidor o laterales	7
Control visual de shunt, acopladores.	7
Verificación de fugas de aire o de aceites	7
Verificación visual de bielas de arrastre y articulaciones	7
Control del torque o marca del torque de los estanques auxiliares	7
Inspección del tapón imantado: Verificar particulado metálico	7
Control General Boguie Remolque	7
Control visual de golpes bajo bastidor o laterales	7
Control visual de shunt, acopladores	7
Verificación de fugas de aire o de aceites	7
Verificación visual de bielas de arrastre y articulaciones	7
Control del torque o marca del torque de los estanques auxiliares	7
Inspección del conjunto boguie	7

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.2.2.2 Exudaciones

Este subgrupo corresponde a la segunda actividad que se realiza dentro del grupo 1, bajo bastidor. Además es realizada inmediatamente luego de Frotadores Negativos/ Motor compresor/ Visuales bajo bastidor

La actividad que lo comprende se muestra a continuación:

Tabla 47. Listado actividades exudaciones

Actividad	Página en ficha de trabajo
Nivel de exudaciones	9

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.2.2.3 Semibarra

El último subgrupo corresponde a la tarea del mantenimiento de semibarra. Esta es una de las tareas es la que más demora en ser realizada en el mantenimiento de IS. Los trabajos desempeñados se muestran a continuación:

Tabla 48. Listado de actividades Semibarra

Actividad	Página en ficha de trabajo
Control de Semibarra Ver 62.000D	12
Inspección visual	12
Lubricación semibarra (en 1)	12
Limpieza de semibarra	12
Anotar desplazamiento de Semi Barra en mm	12

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Por último, si consideramos las variables que se observan en este grupo de trabajo, se tienen:

Tabla 49. Condiciones fijas y variables en grupo 1

Variable	Condiciones fijas	Condiciones Variables
Cantidad de personas	Siempre trabajan 2 personas en este grupo	
Herramientas	Se requieren pocas herramientas para realizar este conjunto de actividades	Cambios correctivos requieren herramientas que se encuentran lejos del lugar de trabajo.
Desplazamientos	Se generan excesos de desplazamientos porque herramientas o material están lejanos del puesto de trabajo, o porque las tareas están mal distribuidas (actividades que podrían estar unificadas están separadas)	
Insumos y repuestos	Los Insumos que se utilizan en este grupo son llevados en un carro. Sin embargo los repuestos se encuentran lejanos del lugar de trabajo.	

Fuente: Elaboración propia

7.2.3 Cantidad de personas y tiempos promedios de duración

Como resultado las 8 mediciones realizadas, se observó la frecuencia de técnicos y tiempos de duración en las labores del grupo 1 y de las actividades que lo conforman:

- Frotadores negativos/Motor compresor/Visuales
- Exudaciones
- Semibarra

Es así que se a continuación se presentan los resultados:

7.2.3.1 Frotadores Negativos/ Motor compresor/ Visuales

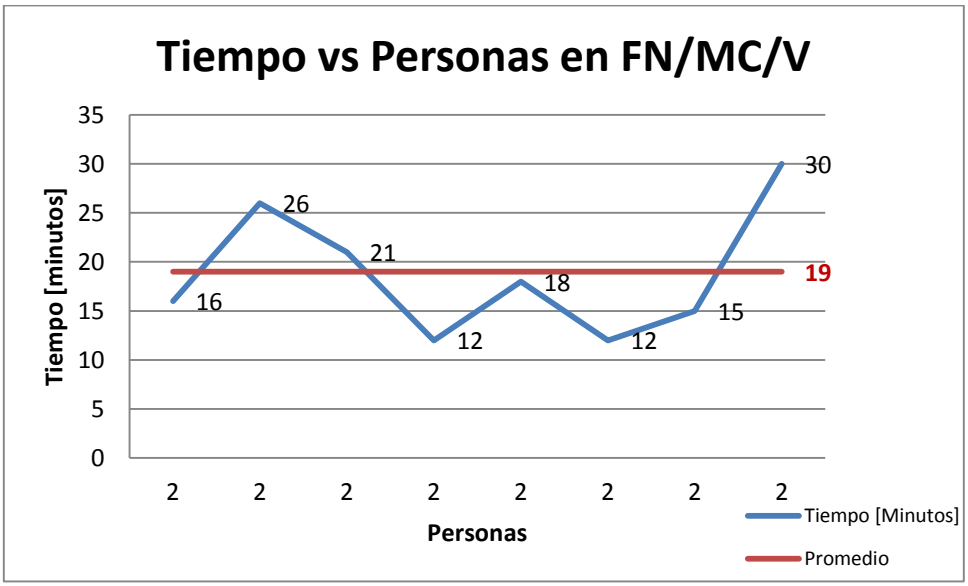

Ilustración 53. Tiempo vs Personas para frotadores negativos/ Motor compresor/ Visuales

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	2
Tiempo mínimo de duración	12 minutos
Tiempo máximo de duración	30 minutos
Tiempo estimado de duración	**19 ± 7 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**38 ± 14 HH**

Se observa en la *Ilustración 53* que la cantidad de técnicos para esta labor siempre fue fija de 2 personas.

7.2.3.2 *Exudaciones*

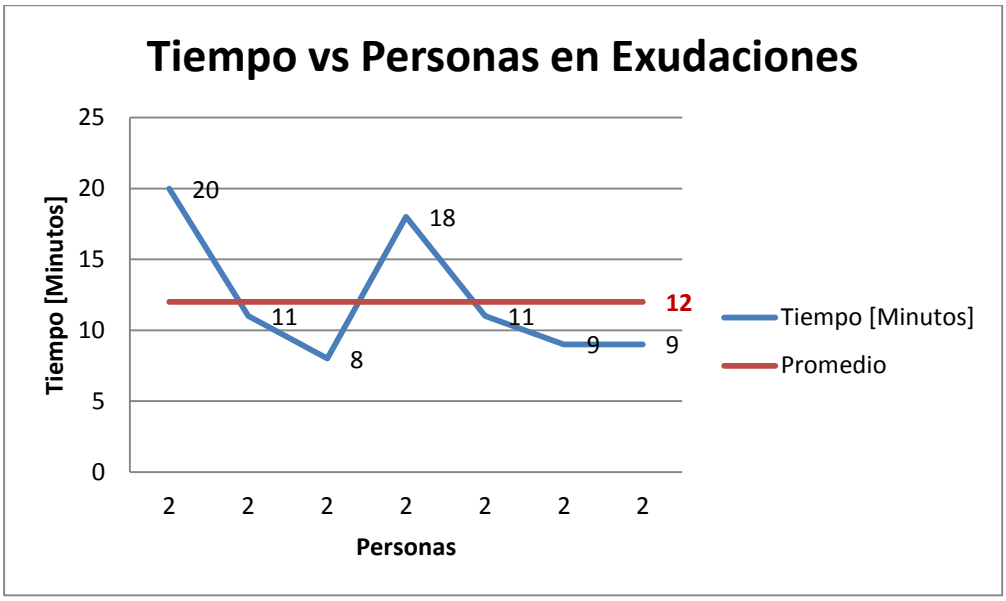

Ilustración 54. Tiempo vs personas para exudaciones

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	2
Tiempo mínimo de duración	8 minutos
Tiempo máximo de duración	20 minutos
Tiempo estimado de duración	**12 ± 5 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**24 ± 10 HH**

Se destaca que esta actividad no tiene grupo fijo, siendo realizado por el grupo 1 u otras veces por el grupo 2 de distribución de los técnicos.

Esta actividad se suele realizar inmediatamente después de *7.2.2.1 Frotadores negativos/ Motor compresor/ Visuales bajo bastidor*.

7.2.3.3 *Semibarra*

Esta actividad consta de dos partes: limpieza de Semibarra y engrase de Semibarra. Para estas dos tareas, es importante considerar que son 7 acoples semipermanentes divididos en parte A y B los que se deben limpiar y engrasar.

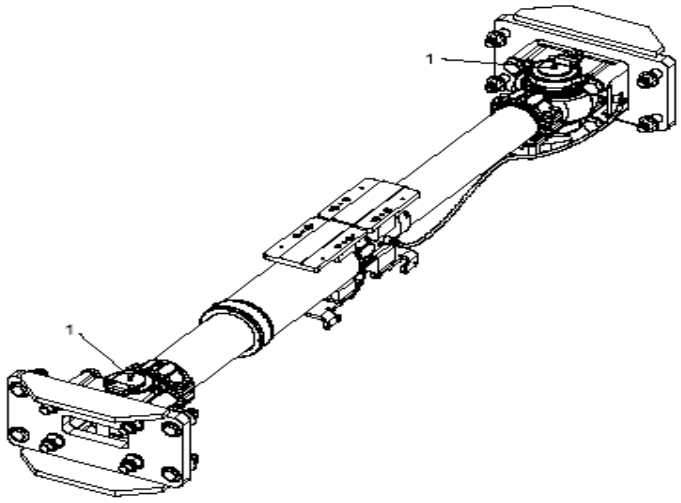

Ilustración 55. Acople semipermanente

Fuente: Ficha de trabajo IS

En *Ilustración 55* se puede apreciar que los dos punto 1, corresponden al lugar en donde se realiza el engrase.

Así mismo, esta es una de las tareas que tiene mayor duración dentro del mantenimiento preventivo de IS. El conjunto de limpieza + engrase demora el orden de 60 minutos.

a) Limpieza de semibarra

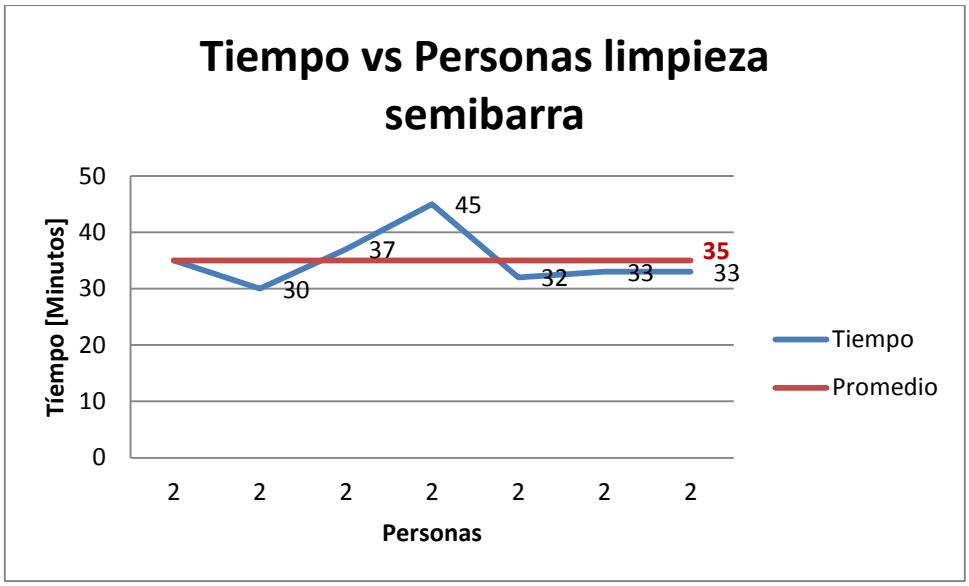

Ilustración 56. Tiempo vs personas limpieza Semibarra

Fuente: Elaboración propia

En la *Ilustración 56* se puede apreciar que la variabilidad del tiempo de la tarea es poca, dando luces de que la actividad suele ser correctamente realizada con los elementos que hoy se disponen. Esta tarea oscila en un rango de tiempo entre 30 – 40 minutos.

Datos	
Cantidad de personas involucradas	2
Tiempo mínimo de duración	30 minutos
Tiempo máximo de duración	45 minutos
Tiempo estimado de duración	**35 ± 5 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**70 ± 10 HH**

b) Engrase de semibarra

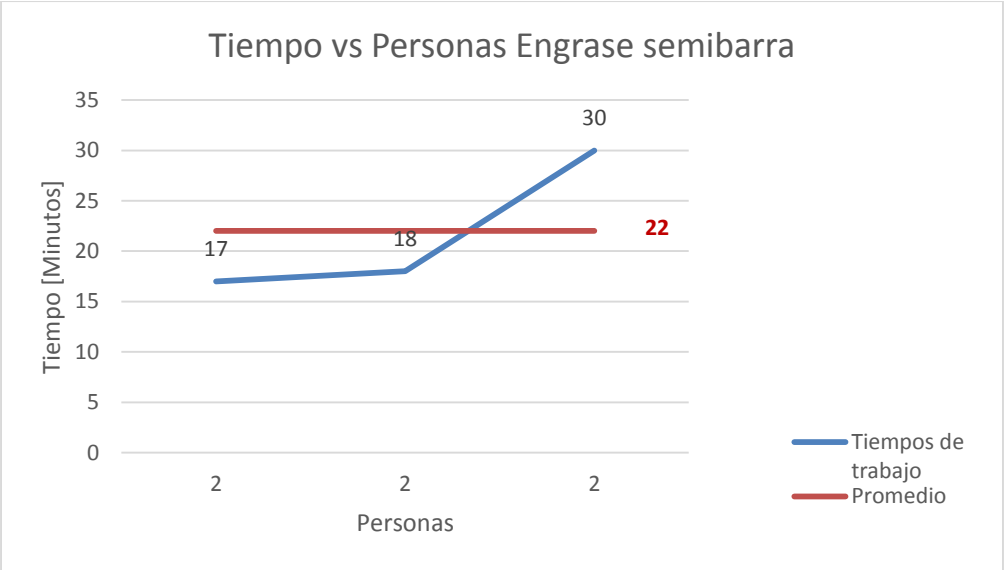

Ilustración 57. Tiempo vs Personas engrase Semibarra

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	2
Tiempo mínimo de duración	17 minutos
Tiempo máximo de duración	30 minutos
Tiempo estimado de duración	**22 ± 7 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**44 ± 14 minutos**

Durante las visitas realizadas, se observó que tanto para la actividad *a) Limpieza de semibarra*, como *b) Engrase de semibarra* la mayor parte de las veces los técnicos dividieron estas dos actividades, realizando la primera mitad antes de irse a colación y posteriormente al regreso de esta. Eso conlleva un aumento en los desplazamientos, incremento en tiempos muertos que se traduce en un aumento en los tiempos de duración de la actividad y una merma en la productividad.

7.2.4 Cambios correctivos

La cantidad de técnicos que debe ir a cada cambio correctivo no está establecida. Se observa que los cambios correctivos en esta fase de la operación se concentran en:

- Punteras y carbones de Frotadores negativos
- Cambio de filtro en compresores
- Shunt

Tardando aproximadamente:

Tabla 50. Tiempo de cambio elementos correctivos frecuentes, en grupo 1

Actividad	Tiempo de cambio
Punteras y carbones de frotadores negativos	20 minuto
Cambio de filtro compresor	10 minutos
Shunt	10 minutos

Fuente: Elaboración propia

El cambio correctivo que más tarda es el de punteras y carbones frotadores negativos.

7.2.5 Conclusiones

Si se ordena las actividades de forma decreciente en función de su duración:

Tabla 51. Conjunto de actividades grupo 1, ordenadas en forma decreciente de tiempo

Actividad	Duración
Limpieza Semibarra	35 ± 5 minutos
Engrase Semibarra	22 ± 7 minutos
Frotadores negativos/Motor compresor/Visuales	19 ± 7 minutos
Exudaciones	12 ± 5 minutos

Fuente: Elaboración propia

Se observa una clara predominancia de las actividades engrase y limpieza semibarra. Actualmente esa actividad es una de las que más tarda en el mantenimiento preventivo de IS.

Se han encontrado documentos que avalan la derogación del engrase de semibarra, derogación que recomienda pasar de 10.000 [Km] –Como actualmente se realiza- a

cada 30.000 [Km]. Dicho documentos se encuentran en proceso de reevaluación, para finalmente generar una conclusión y eventual implementación. Se destaca que dicha derogación supondría un ahorro considerable en dicha actividad.

7.2.6 Propuesta de valor

La propuesta de valor consiste en definir la secuencia de trabajo, cantidad de personas requeridas para esta actividad, el tiempo para la tarea, su forma de distribución y su desplazamiento.

A continuación en la *Tabla 52* se presenta como se realizará la distribución de los trabajadores para esta actividad:

Tabla 52. Secuencia de actividades propuesta de valor grupo 1

Nivel	Tarea	Cantidad de personas	Trabajador	Páginas de trabajo involucradas
1	Frot neg./Comp/Vis + Exudaciones	2	C-D	8, 9, 10, 2, 7
2	Limpieza + Engrase Semibarra	2	C-D	12

Fuente: Elaboración propia

7.2.6.1 Frotadores negativos/compresor/visuales + Exudaciones

7.2.6.1.1 Tiempo y cantidad de personas

La propuesta de valor para el caso de las actividades Frotadores Negativos/ Compresor/ Visuales y exudaciones se presenta a continuación:

Tabla 53. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor

	FROT. NEGATIVOS/COMPRESOR/VISUALES	EXUDACIONES		FROT NEG./COMP/VIS + EXUDACIÓN
Variable	**Actualmente**	**Actualmente**	**Total**	**Propuesta de valor**
Cantidad de personas	2	2	-	**2**
Tiempo de tarea	19 ± 7 minutos	12 ± 5 minutos	43 minutos	**35 minutos**
Cantidad de HH	52 minutos	34 minutos	86 minutos	**70 minutos**

Fuente: Elaboración propia

Se destaca que la tarea de exudación, por parte de los técnicos, no tenía un grupo establecido claro, siendo realizada algunas veces por el grupo 1 u otras veces por el grupo 2.

Al unificar ambas tareas, se obtendrá como resultado:

- Asignación de la actividad exudaciones a un solo grupo, distribuyendo correctamente la carga laboral
- Disminuir los tiempos muertos entre el paso de una actividad a otra
- Realizar una mejora en los desplazamientos, al estandarizarlos

Esta propuesta de valor estima una reducción del 20% en HH para ambas tareas.

7.2.6.1.2 Distribución y desplazamiento

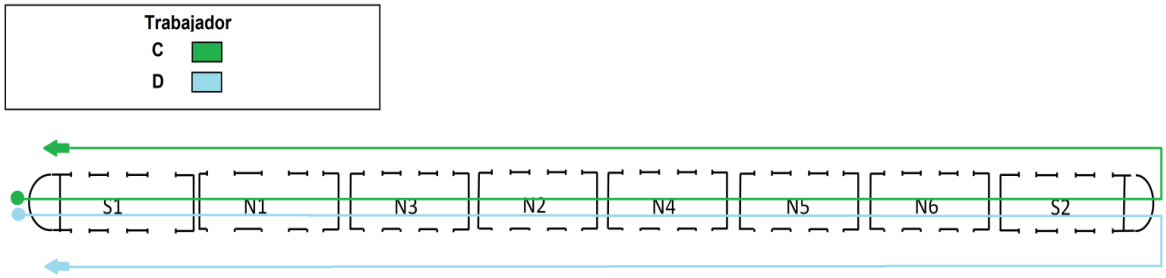

Ilustración 58. Desplazamientos para Frot neg./Comp/Vis + Exudaciones

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Inicialmente parte el trabajador **C y D** bajo bastidor foso. Durante el trayecto de ida, revisarán Frotadores negativos/Compresores/Visuales y exudaciones bajo bastidor foso. Posteriormente durante el regreso, revisarán por exterior coche las exudaciones faltantes.

7.2.6.1.3 Listado de actividades involucradas

La actividad **Frotadores negativos/ Compresor/ Visuales + Exudaciones** realizada por los técnicos **C-D** está comprendida por:

Tabla 54. Actividades Frotadores negativos/ Compresor/ Visuales + Exudaciones

Actividad	Página en ficha de trabajo
Captador de corriente negativo	8
Medición del desgaste de pistas de rozamiento negativo en mm cambiar si A es menor o igual a 27 mm	8
Conjunto Frotador negativo	8
Control visual del estado general	8
Control de la presencia de todas las piezas de rozamiento	8
Control visual del estado de la trenza de alimentación	8
Control de la posición (paralelismo al riel) y del movimiento	8
Control del aislador que no presente fisuras	8
Limpieza del conjunto	8
Motor compresor	9
Visualización del nivel del aceite	9
Revisar el filtro de aire. Si está saturado cambiarlo	9
Depósito principal de aire 250 L	10
Verificar la estanqueidad del depósito. Probar con agua y jabón o con la pistola de ultrasonido	10
Acoplamiento (ESCO)	2
Control de presencia y apriete de tornillos y tuercas de sujeción a 2.8 daNm	2
Motor tracción	2
En la sujeción del motor, control del buen estado y la presencia de los ejes de seguridad y de los pasadores.	2
Control de la válvula de nivelación	2
Control general: elementos de sujeción y estanqueidad	2
Control General Boguie Motriz	7
Control visual de golpes bajo bastidor o laterales	7
Control visual de shunt, acopladores.	7
Verificación de fugas de aire o de aceites	7
Verificación visual de bielas de arrastre y articulaciones	7
Control del torque o marca del torque de los estanques auxiliares	7
Inspección del tapón imantado: Verificar particulado metálico	7
Control General Boguie Remolque	7
Control visual de golpes bajo bastidor o laterales	7
Control visual de shunt, acopladores	7
Verificación de fugas de aire o de aceites	7
Verificación visual de bielas de arrastre y articulaciones	7
Control del torque o marca del torque de los estanques auxiliares	7
Inspección del conjunto boguie	7
Nivel de exudaciones	9

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.2.6.2 Engrase y limpieza Semibarra

7.2.6.2.1 Tiempo y cantidad de personas

Tabla 55. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor

	LIMPIEZA SEMIBARRA	ENGRASE SEMIBARRA		ENGRASE + LIMPIEZA SEMIBARRA
Variable	**Actualmente**	**Actualmente**	**Total**	**Propuesta de valor**
Cantidad de personas	2	2	**-**	**2**
Tiempo de tarea	35 ± 5 minutos	22 ± 7 minutos	69 minutos	**55 minutos**
Cantidad de HH	80 minutos	58 minutos	138 minutos	**110 minutos**

Fuente: Elaboración propia

Para este caso, la cantidad de personas se mantiene, pese a ello, se espera generar un ahorro de tiempo mediante:

- Unificación de la actividad: Engrase y Limpieza de semibarra, pasará a ser una actividad. Eso evitará que se divida la tarea, generando una disminución en los tiempos muertos.
- Menores desplazamiento: Al unificar la tarea, se generarán menores desplazamientos de los que se realizan actualmente
- Implementación de carros de Insumos: Se propone la implementación de un carro con los insumos necesarios para esta tarea, con el fin de evitar excesos de desplazamientos en la búsqueda de estos.

Con estas medidas se estima un 20% de ahorro en HH.

Por otro lado, existe un beneficio en la forma de realizar la actividad. Actualmente los técnicos limpian y luego engrasan, situación que puede volver a ensuciar la semibarra. Es por ello que se propone engrasar primero y posteriormente limpiar, como lo plantean las fichas de trabajo.

7.2.6.2.2 Distribución y desplazamiento

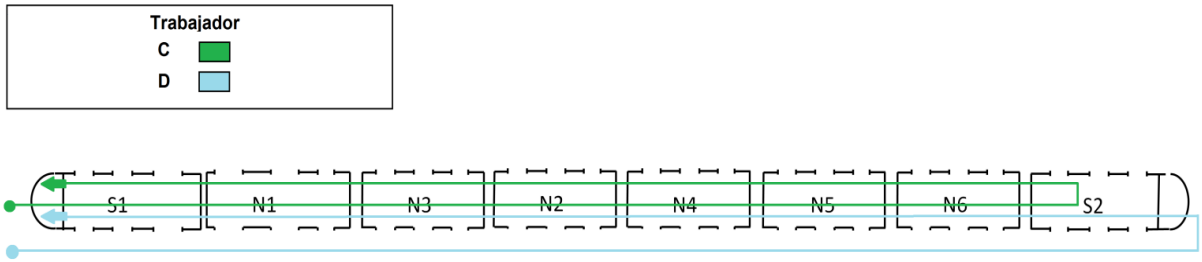

Ilustración 59. Desplazamientos para Engrase + Limpieza Semibarra

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Se parte esta actividad con el **Engrase de semibarra** durante la ida. El trabajador C partirá bajo foso, colocando la manguera de la bomba de engrase en la semibarra, mientras que el trabajador D irá por exterior coche llevando el carro con la bomba y bombeando cuando sea necesario, hasta finalizar la actividad.

Durante la vuelta, se partirá con la segunda actividad **Limpieza Semibarra,** en donde el trabajador C seguirá bajo foso y el trabajador D ingresará a él para realizar la limpieza correspondiente. La actividad se completa al volver al punto de inicio.

7.2.6.2.3 Listado de actividades involucradas

Por último la actividad **Engrase y limpieza Semibarra** realizada por los técnicos **C-D** está comprendida por:

Tabla 56. Listado de actividades Engrase y limpieza Semibarra

Actividad	Página en ficha de trabajo
Control de Semibarra Ver 62.000D	12
Inspección visual	12
Lubricación semibarra (en 1)	12
Limpieza de semibarra	12

Anotar desplazamiento de Semi Barra en mm	12

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Para lubricación de la semibarra se debe utilizar la grasa *Mobilith SHC 22.*

7.2.6.3 Cambios correctivos

Los cambios correctivos no se encuentran estandarizados. Frecuentemente son realizados por más técnicos de los requeridos, generando como consecuencia una disminución en la productividad.

Por lo tanto la propuesta de valor considera la estandarización de número de técnicos y tiempos de cambio correctivos para los elementos más frecuente de este grupo:

Tabla 57.Tiempo de cambio elementos correctivos estandarizados, grupo 1

Actividad	Tiempo de cambio	Personas	Grupo
Punteras y carbones de frotadores negativos	20 minutos	1	C-D
Cambio de filtro compresor	5 minutos	2	C-D
Shunt	10 minutos	1	C-D

Fuente: Elaboración propia

En donde los técnicos del grupo C-D de manera individual realizarán el cambio de *punteras y carbones de frotadores negativos*, así como el *shunt*. Por otro lado deberán trabajar en equipo para realizar el cambio de *filtro compresor* según sea la necesidad de cambios.

7.3 Grupo 2: Bastidor lateral / Bajo bastidor foso

Este grupo se inicia justo después de que las pruebas de entradas han sido completadas y que el tren ha sido des-energizado. Es realizado al mismo tiempo que los grupos 1, grupo 3, y grupo 4. Abarca actividades que son realizadas por el costado del tren, así como por debajo de este.

7.3.1 Listado de actividades realizadas

A continuación se presenta las actividades comprendidas en el grupo 2

Tabla 58. Listado de actividades grupo 2

Actividad	Página en ficha de trabajo
Amortiguador vertical	2
Inspección visual: Goteos y/o derrames	2
Comprobar que no haya holgura ni fisuras en las articulaciones. Si es necesario cambiar el amortiguador	2
Control de apriete los elementos de sujeción del amortiguador. Si es necesario reapretar a 15 daNm	2
Captor de corriente positivo	5
Medición del Desgaste de las pistas de rozamiento positivo en (mm), cambiar si la cota A es menor a 19 mm	5
Conjunto frotador positivo	6
Control visual del estado general	6
Control de la presencia de todas las piezas de rozamiento	6
Control visual del estado de la trenza y cable alimentación	6
Control de la posición y del movimiento	6
Control del aislador que no presente fisuras	6
Control de la caja del conjunto captor positivo	6
Puente motor	7
Verificar nivel de aceite. (Rellenar si es necesario)	7
Freno de servicio tipo BFC (Boguies motriz y portador) Ver 71.000D	13
Inspección visual: Aflojamientos de elementos de sujeción, daño y que no falten partes.	13
Medición del desgaste de las zapatas en mm	13
Anotar cambios de zapatas	13

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.3.2 Descripción de la forma actual de realizar la tarea

A modo de simplificar la comprensión de la actividad, se han agrupado todas las tareas realizadas en cuatro subgrupos, los que se pueden observar a continuación:

Grupo 2 Bastidor lateral/Bajo bastidor 2 personas
• Puentes motor: Medición nivel de aceite y llenado. Limpieza • Frotadores positivos: Inspección y medición de desgaste • Limpieza frotadores positivos • Zapatas: Inspección y medición de desgaste • Amortiguadores verticales: Inspección visual

Los técnicos ordenan y ejecutan las actividades como se muestra a continuación:

Inicio	Frotadores positivos / Zapatas / Amortiguadores verticales	Limpieza frotadores positivos	Puentes motor (Sacar tapas rellenar y limpiar)	**Fin**

Ilustración 60. Secuencia cronológica de trabajo, grupo 2

Fuente: Elaboración propia

Inicialmente son realizadas las tareas involucradas con frotadores positivos, zapatas y amortiguadores verticales, para posteriormente pasar a la tarea de puentes motor.

La tarea de los puentes motores (o también conocidos como puentes diferenciales) es la que tiene más carga en este grupo.

7.3.2.1 Frotadores positivos/Zapatas/Amortiguadores verticales

Es la primera actividad realizada en el grupo 2, está comprendida por:

Tabla 59. Listado de actividades Frotadores positivos/ Zapatas/ Amortiguadores verticales

Actividad	Página en ficha de trabajo
Amortiguador vertical	2
Inspección visual: Goteos y/o derrames	2
Comprobar que no haya holgura ni fisuras en las articulaciones. Si es necesario cambiar el amortiguador	2
Control de apriete los elementos de sujeción del amortiguador. Si es necesario reapretar a 15 daNm	2
Captor de corriente positivo	5
Medición del Desgaste de las pistas de rozamiento positivo en (mm), cambiar si la cota A es menor a 19 mm	5
Conjunto frotador positivo	6
Control visual del estado general	6
Control de la presencia de todas las piezas de rozamiento	6
Control visual del estado de la trenza y cable alimentación	6
Control de la posición y del movimiento	6
Control del aislador que no presente fisuras	6
Control de la caja del conjunto captor positivo	6
Freno de servicio tipo BFC (Boguies motriz y portador) Ver 71.000D	13
Inspección visual: Aflojamientos de elementos de sujeción, daño y que no falten partes.	13
Medición del desgaste de las zapatas en mm	13
Anotar cambios de zapatas	13

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.3.2.2 Limpieza frotador positivo

Corresponde a la segunda actividad realizada en este grupo, en donde solo se realiza la limpieza

Tabla 60. Listado de actividades limpieza frotador positivo

Actividad	Página en ficha de trabajo
Conjunto frotador positivo	6
Limpieza del conjunto	6

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.3.2.3 Puentes motores

Corresponde a la tercera actividad realizada en este grupo, está compuesta por:

Tabla 61. Listado de actividades puente motores

Actividad	Página en ficha de trabajo
Puente motor	7
Verificar nivel de aceite. (Rellenar si es necesario)	7

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Además a esta actividad se suma la limpieza de puente diferencial, si es que estos presentan fuga de aceite de lubricación. No es una actividad que está dentro de la ficha, sin embargo se realiza como tarea adicional.

Por último, consideramos las variables que se observan en este trabajo, se tienen:

Tabla 62. Condiciones fijas y variables en grupo 2

Variable	Condiciones fijas	Condiciones Variables
Cantidad de personas	Siempre trabajan 2 personas en este grupo	
Herramientas	Existe solo una herramienta para abrir los puentes motores, no permitiendo la correcta distribución de carga de trabajo.	Cambios correctivos requieren herramientas que se encuentran lejos del lugar de trabajo.
Desplazamientos	Se generan excesos de desplazamientos porque herramientas o material están lejanos del puesto de trabajo, o porque las cargas de trabajo son mal distribuidas	
Insumos y repuestos	Insumos y repuestos se encuentran lejanos del lugar de trabajo	

Fuente: Elaboración propia

7.3.3 Cantidad de personas y tiempos promedios de duración

Producto de las mediciones realizadas, se observó la frecuencia de técnicos y tiempos de duración en las labores del grupo 2 en las actividades que lo conforman:

- Frotadores positivos/Zapatas/Amortiguadores verticales
- Limpieza frotador positivo
- Puente motores

Es así que a continuación en los puntos que siguen se presentan los resultados:

7.3.3.1 Frot Pos./Zapatas/Amort. Vert.

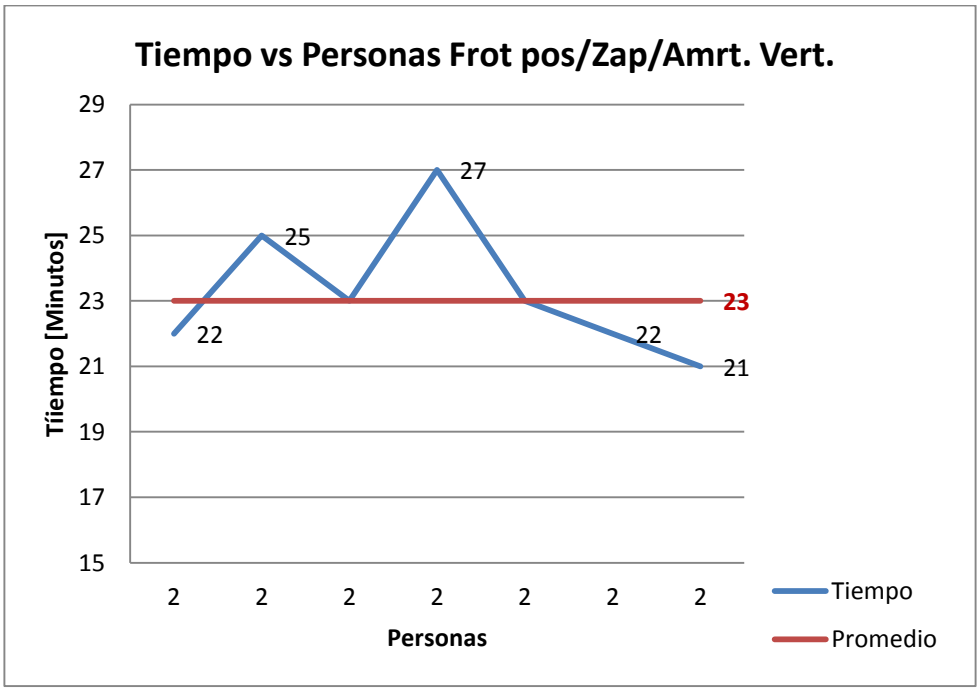

Ilustración 61. Tiempo vs Personas Frotador positivo/ Zapatas/ Amortiguador vertical

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	2
Tiempo mínimo de duración	21 minutos
Tiempo máximo de duración	27 minutos
Tiempo estimado de duración	**23 ± 2 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**46 ± 4 HH**

La cantidad de personas se mantuvo constante, así mismo se observa muy poca dispersión y en consecuencia tiempos de mantenimiento similares durante las mediciones realizadas.

7.3.3.2 Limpieza frotador positivo

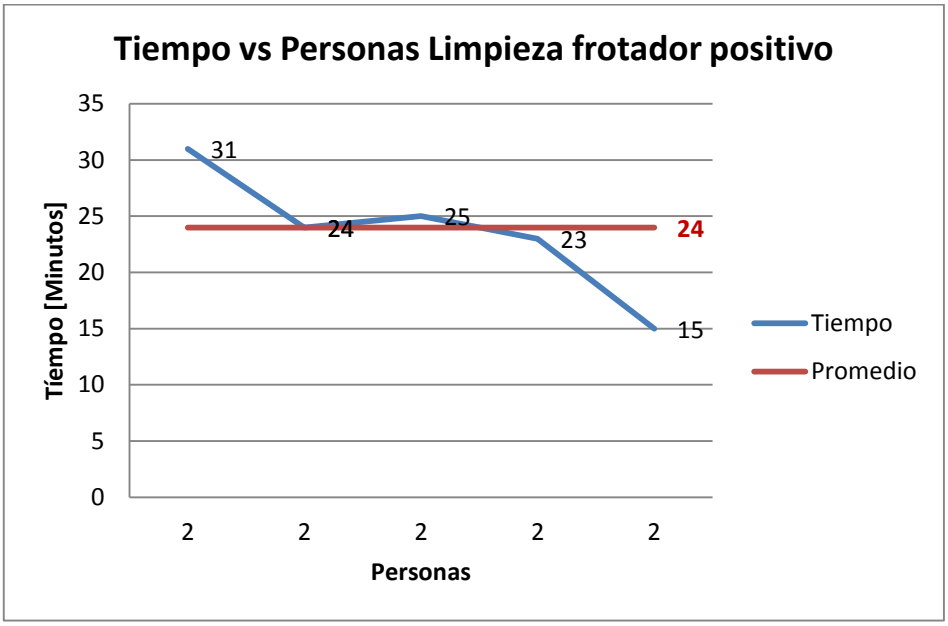

Ilustración 62. Tiempo vs Personas para limpieza frotador positivo

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	2 personas
Tiempo mínimo de duración	15 minutos
Tiempo máximo de duración	31 minutos
Tiempo estimado de duración	**24 ± 6 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**48 ± 12 HH**

Para el caso de la actividad limpieza frotador positivo se observa un tiempo relativamente constante a lo largo de las mediciones realizadas. La situación es similar a la tarea descrita anteriormente *7.3.3.1*.

7.3.3.3 Puentes motores

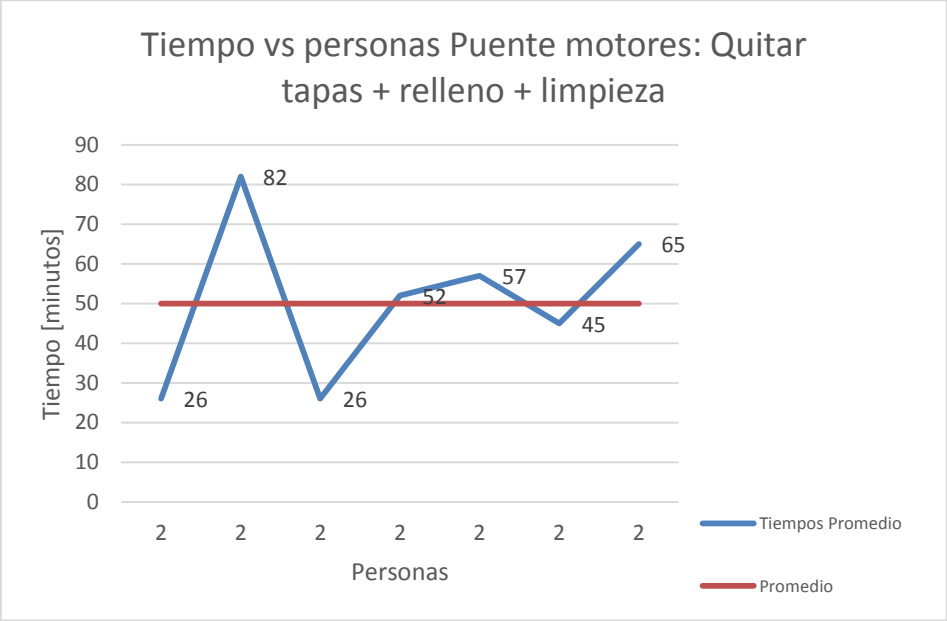

Ilustración 63. Tiempo vs Personas puentes motores: quitar tapas + relleno + limpieza

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	2
Tiempo mínimo de duración	82 minutos
Tiempo máximo de duración	26 minutos
Tiempo estimado de duración	**50 ± 20 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**101 ± 41 HH**

Las tareas realizadas son:

- Abrir la tapa de los puentes motores
- Verificar el nivel de aceite y rellenar si es necesario
- Realizar limpieza cuando lo requiera

Si se observa el gráfico se aprecia variabilidad en la duración de la actividad. Esto se debe a la cantidad cambiante de puentes diferenciales con fugas de aceite que pueda traer el tren. La función de los puentes diferenciales es trasmitir la tracción desde el motor hacia las ruedas, por lo tanto dichas fugas corresponden a pérdida de aceite de lubricación.

Por otro lado, durante las mediciones realizadas se observó que las tapas de los puentes motores son abiertas por un técnico, debido a que solo existe una "machina" (herramienta diseñada en función de la necesidad y características particulares de alguna actividad) para esta tarea. Como consecuencia es difícil la adición de un mayor número de trabajadores.

Dentro de los efectos negativos que tiene la situación descrita, se encuentra que la distribución de cargas no es homogénea, generando un aumento de tiempo en la actividad y provocando que la productividad decaiga.

7.3.4 Cambios correctivos

Al igual que los grupos anteriores, los cambios correctivos no se encuentran estandarizados siendo frecuentemente realizados por más técnicos de los requeridos.

Tabla 63. Tiempo de cambio elementos correctivos frecuentes, en grupo 2.

Actividad	Tiempo de cambio
Shunt	10 minutos
Bandas frotador positivo	15 minutos

Fuente: Elaboración propia

7.3.5 Conclusiones

Si se ordena las actividades en forma de duración decreciente:

Tabla 64. Conjunto de actividades grupo 2, ordenadas en forma decreciente de tiempo

Actividad	Duración
Puentes motores: Quitar tapas + relleno + limpieza	50 ± 20 minutos
Frotador positivo: Limpieza	24 ± 6 minutos
Frotador pos./Zapatas/Amort Vert.	23 ± 2 minutos

Fuente: Elaboración propia

Para este grupo se observa una predominancia en las actividades ligadas a los puentes motores, siendo una de las actividades que más tarda dentro del mantenimiento IS. Es por ello que la propuesta de valor generará una forma de mejorar y optimizar esa actividad.

Por otro lado se observa que existe una desproporción en la carga de trabajo todas las actividades en este grupo:

- Para la primera actividad en la tabla, ligada a los puentes motores: Al existir solo una "machina" el técnico debe abrir 24 tapas de puentes diferenciales sin posibilidad de distribuir la carga de trabajo. Es importante tener más *machinas* para abrir los puentes diferenciales, ya que favorecerán la distribución del trabajo y supondrán un stock de repuesto en caso de que la pieza actual que es utilizada falle.

- Para las últimas dos actividades en la tabla, ligada a actividades en coche lateral: Se genera un desgaste al tener que realizar sentadillas con frecuencia. Estas no son distribuidas equitativamente entre los técnicos como se aprecia en el siguiente recuadro:

Actividad	Cantidad sentadillas técnico 1	Cantidad sentadillas técnico 2
Frotador pos./Zapatas/Amort Vert.	24	-
Frotador positivo: Limpieza	12	12
Total	**36**	**12**

Es por ello que es de suma importancia reorganizar a los técnicos generando un diseño óptimo para el mantenimiento, para tener cargas equilibradas y menores desplazamientos.

En el apartado a continuación *7.3.6 Propuesta de valor*, se propondrá formas de mejorar a través de:

- Redistribución de técnicos
- Propuesta de secuencia de actividades
- Establecer de tiempos de trabajo
- Proponer desplazamientos de forma eficiente

7.3.6 Propuesta de valor

La propuesta de valor consistirá en definir la secuencia de actividades, cantidad de personas requeridas para esta actividad, el tiempo para la tarea, su forma de distribución y su desplazamiento;

Tabla 65. Secuencia de actividades propuesta de valor grupo 2

Nivel	Tarea	Cantidad de personas	Trabajador	Páginas de trabajo involucradas
1	Frot.Pos/ Zapatas/ Amort. Vertical + Desmontar tapa válvula neumáticos	4	A-B, E-F	2, 5, 6, 13
2	Limpieza frotador positivo	4	A-B, E-F	6
3	Puente motor: Quitar tapas + relleno +limpieza	2	A-B	7

Fuente: Elaboración propia

La secuencia de trabajo propuesta para el grupo AB-EF consiste primero en, realizar la actividad de nivel 1 e inmediatamente después el nivel 2.

Posteriormente el grupo A-B se encargará de realizar la actividad de nivel 3.

7.3.6.1 Quita obstáculo + Frotador positivo / Zapata / Amortiguador verticales + Desmontar tapa neumáticos

7.3.6.1.1 Tiempo y cantidad de personas

Tabla 66. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor

	Frot. Positivo/Zapata/Amortiguador vertical	Desmontar tapa válvula neumáticos		Quita obstáculo + Frot. Pos/zapatas/amor vertical + Desmontar tapa válvula neumáticos
Variable	**Actualmente**	**Actualmente**	**Total**	**Propuesta de valor**
Cantidad de personas	2	2	-	**4**
Tiempo de tarea	23 ± 2 minutos	17 ± 4 minutos	46 minutos	**20 minutos**
Cantidad de HH	50 minutos	35 minutos	85 minutos	**80 minutos**

Fuente: Elaboración propia

Las tareas ligadas al elemento *quita obstáculo* se han decidido incluir en este conjunto de actividades, por la cercanía del lugar físico en la que se encuentran y la simpleza de dicha actividad, ya que solo es una inspección visual.

Por otro lado, se ha decidido unificar la tarea *Frotador positivo/ Zapata/Amortiguador verticales* con la de *desmontar tapas válvula neumáticos*. Esta última tarea pertenece al grupo 3 (ver *7.4 Grupo 3: Neumáticos*)

El motivo de dicha unificación corresponde a que ambas tareas son realizadas en el mismo lugar físico, por lo tanto en la búsqueda de optimizar los desplazamientos, se decidió que era innecesario realizar ambas tareas por separado.

Así mismo, se ve un incremento en la cantidad de personas que la realizarán, pasando de 2 personas, como es habitual para ambas actividades, a 4. Esto obedece a la optimización de las cargas de trabajo. Para un tren de 8 coches, realizar la actividad *Frotador positivo/ Zapata/ Amortiguador vertical* implica hacer 24 sentadillas, mientras que desmontar las tapas de los neumáticos supone realizar 80 sentadillas.

Actualmente la distribución corresponde a:

Actividad	Cantidad sentadillas técnico 1	Cantidad sentadillas técnico 2	Cantidad sentadillas técnico 3	Cantidad sentadillas técnico 4
Frotador pos./Zapatas/Amort Vert.	24	-	-	-
Frotador positivo: Limpieza	12	12	-	-
Desmontar tapa neumáticos	-	-	40	40
Total	**36**	**12**	**40**	**40**

Al ser 4 personas y producto de la unificación de las actividades, las 24 sentadillas del frotador positivo/zapata/amortiguador vertical ya no serían necesario realizarlas, por la proximidad de las tapas de los neumáticos. Por lo tanto solo se deberían realizar 80 sentadillas para ambas actividades. La distribución quedaría como se muestra a continuación:

Actividad	Cantidad sentadillas técnico A	Cantidad sentadillas técnico B	Cantidad sentadillas técnico E	Cantidad sentadillas técnico F
Frotador pos./Zapatas/Amort Vert. + Desmontar tapa neumático	20	20	20	20
Frotador positivo: Limpieza	6	6	6	6
Total	**26**	**26**	**26**	**26**

Por lo tanto, al unificar ambas tareas se espera obtener como resultado:

- Reducción en un 57% en el lead time de la tarea
- Una correcta distribución de la carga laboral
- Disminución de tiempos muertos entre actividades
- Mejora en los desplazamientos.

7.3.6.1.2 Distribución y desplazamiento

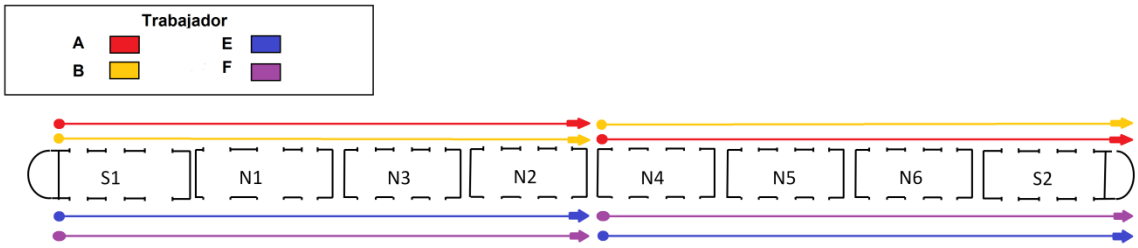

Ilustración 64. Desplazamiento para Frot. Pos/ Zapatas/ Amor. Vertical + Desmontar tapa neumáticos

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Inicialmente parte los trabajadores **A-B** se ubicarán al costado del tren y durante el trayecto de ida revisarán **Frotadores positivos, Zapatas, amortiguadores verticales** y además **quitarán la tapa de los neumáticos**. Un técnico irá midiendo y el otro anotando los resultados de las mediciones.

Cuando lleguen a la mitad del coche, los técnicos realizarán un relevo, en donde se intercambiarán la función de medir y anotar.

Una vez completada esta actividad, procederán a revisar el quita obstáculo del coche S2.

Los técnicos **E-F** iniciarán la actividad inspeccionando el quita obstáculo del coche S1. Posteriormente se ubicarán al costado del tren. Durante el trayecto de ida revisarán **Frotadores positivos, Zapatas, amortiguadores verticales** y además **quitarán la tapa de los neumáticos**. En cada equipo, un técnico irá midiendo y el otro anotando.

Cuando lleguen a la mitad del coche, los técnicos realizarán un relevo, en donde se intercambiarán la función de medir y anotar dichas mediciones.

7.3.6.1.3 Listado de actividades realizadas

Las actividades que corresponden a **Quita obstáculo + Frot.Pos/ Zapatas/ Amort. Vertical + Desmontar tapa válvula de los neumáticos** son los que se muestran a continuación:

Tabla 67. Listado de actividades Quita obstáculo + Frot.Pos/ Zapatas/ Amort. Vertical + Desmontar tapa válvula neumáticos

Actividad	Página en ficha de trabajo
Quita obstáculos Ver 71.500D	12
Control visual del quita obstáculos	12
Control de fisuras provocadas por choque	12
Control del apriete delos 4 tornillos de sujeción 15 daN.m	12
Control del apriete de las 6 tuercas de sujeción de las barras metálicas 3.6 daN.m	12
Captor de corriente positivo	5
Medición del Desgaste de las pistas de rozamiento positivo en (mm), cambiar si la cota A es menor a 19 mm	5
Conjunto frotador positivo	6
Control visual del estado general	6
Control de la presencia de todas las piezas de rozamiento	6
Control visual del estado de la trenza y cable alimentación	6

Control de la posición y del movimiento	6
Control del aislador que no presente fisuras	6
Control de la caja del conjunto captor positivo	6
Freno de servicio tipo BFC (Boguies motriz y portador) Ver 71.000D	13
Inspección visual: Aflojamientos de elementos de sujeción, daño y que no falten partes.	13
Medición del desgaste de las zapatas en mm	13
Anotar cambios de zapatas	13
Amortiguador vertical	2
Inspección visual: Goteos y/o derrames	2
Comprobar que no haya holgura ni fisuras en las articulaciones. Si es necesario cambiar el amortiguador	2
Control de apriete los elementos de sujeción del amortiguador. Si es necesario reapretar a 15 daNm	2

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Debido a que **desmontar tapa válvula de los neumáticos** no es una actividad que aparezca formalmente en la ficha de trabajo, esta no aparece listada. Sin embargo se debe capacitar a los técnicos para que la realicen.

7.3.6.2 Frotador positivo: Limpieza

Para la limpieza del frotador positivo se tiene:

7.3.6.2.1 Tiempo y cantidad de personas

Tabla 68. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor

	Limpieza Frotador positivo		Limpieza frotador positivo
Variable	**Actualmente**	**Total**	**Propuesta de valor**
Cantidad de personas	2	-	**4**
Tiempo de tarea	24 ± 6 minutos	30 minutos	**15**
Cantidad de HH	60 minutos	60 minutos	**60 minutos**

Fuente: Elaboración propia

En esta tarea se ha observado que es difícil realizar una mejora en los tiempos, pues actualmente se demoran 1,25 minutos aproximados en la limpieza de cada frotador positivo.

Pese a ello, se propone una forma de distribuir las cargas de trabajo correctamente reduciendo el esfuerzo de esta tarea, al aumentar la cantidad de técnicos en esta actividad. Esto implicaría que cada técnico pasaría de limpiar 12 frotadores positivos (como se hace actualmente) a tan solo 6 de ellos.

7.3.6.2.2 Distribución y desplazamiento

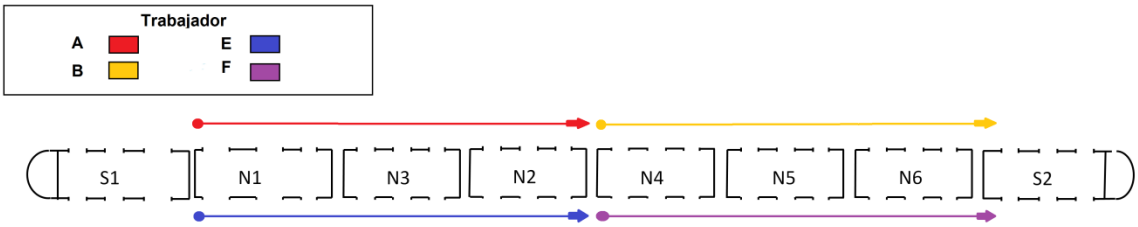

Ilustración 65. Limpieza frotador positivo

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Para la **limpieza frotador positivo**, los técnicos deberán posicionarse como se señala en la imagen. El técnico **A y B** estarán por un costado del tren y los técnicos **E y F** estarán del otro.

La distribución será equitativa, de modo que los técnicos realicen la limpieza a la misma cantidad de frotadores positivos. Por lo tanto cada técnico deberá limpiar 6 de estos.

7.3.6.2.3 Listado de actividades realizadas

Para las actividades que corresponden a **Limpieza frotador positivo**, realizada por los técnicos **A y B** se presenta el listado en el recuadro siguiente:

Tabla 69. Listado de actividades realizada Limpieza frotador positivo

Actividad	Página en ficha de trabajo
Conjunto frotador positivo	6
Limpieza del conjunto	6

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.3.6.3 Puentes motores

7.3.6.3.1 Tiempo y cantidad de personas

Tabla 70. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor

	Pte. Motor: Quitar Tapa + Relleno + Limpieza		Pte. Motor: Quitar tapa + Relleno + Limpieza
Variable	**Actualmente**	**Total**	**Propuesta de valor**
Cantidad de personas	2	-	**2**
Tiempo de tarea	50 ± 20 minutos	70 minutos	**60 minutos**
Cantidad de HH	101 ± 41	142	**120 minutos**

Fuente: Elaboración propia

Si espera lograr una reducción de un 16% en el tiempo de esta actividad, mediante:

- Unificación de la actividad: Tanto quitar las tapas, como la limpieza de los puentes motores, pasará a ser una actividad. Eso evitará que se divida la tarea, provocando una disminución en los tiempos muertos.
- Menores desplazamiento: Al unificar la tarea, se generarán menores desplazamientos de los que se realizan actualmente
- Implementación de machinas adicionales: Se propone la implementación de una machina adicional para quitar tapa en los puentes motores. Esto facilitará el mantenimiento de los 24 puentes motores, decreciendo los tiempos de mantenimiento.

Como consecuencia de la implementación de la machina adicional y considerando que la fase de quitar tapa de los puentes motores constituye aproximadamente el 30% de la tarea completa (las otras fases están compuestas por rellenar y posteriormente limpiar los puentes motores), es que se pronostica una reducción del 50% en el tiempo de esta.

Eso se traduciría en aproximadamente una reducción de 10 minutos dentro de la actividad total *puentes motores*.

Además se propone disponer de piezas de repuestos adicionales por si llegase a fallar dicha machina.

7.3.6.3.2 Distribución y desplazamiento

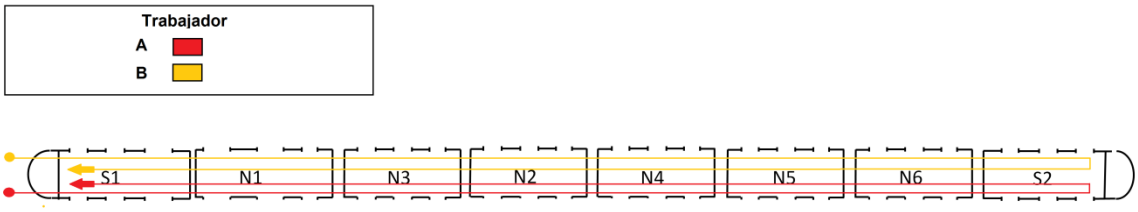

Ilustración 66. Puente motor: Quitar tapas + Limpieza

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Para la tarea de puente motor, durante la ida, tanto el técnico **A** como el **B** se posicionarán debajo del tren como se señala en el diagrama. Es así, que cada uno irá quitando las tapas y midiendo el nivel de aceite de los 24 puentes motores, realizando la totalidad de 12 puentes cada técnico.

Una vez completada dicha tarea y durante el regreso, se procederá en los casos que sea necesario rellenar con aceite y volver a colocar la tapa. En caso que los puentes no requieran aceite, solo se colocará la tapa. Conjuntamente con la actividad de poner las tapas y rellenar, se debe limpiar los puentes motores que lo necesiten.

7.3.6.3.3 Listado de actividades realizadas

Por último para **Puente motor: Quitar tapas + limpieza,** realizada por los técnicos **A y B** se presenta las actividades comprendidas:

Tabla 71. Listado de actividades realizadas Puente motor

Actividad	Página en ficha de trabajo
Puente motor	7
Verificar nivel de aceite. (Rellenar si es necesario)	7

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Si bien la limpieza de puente motor no sale listada en las actividades de las ficha de trabajo, esta se debe realizar si es que estos tienen fuga de aceite.

7.3.6.4 Cambios correctivos:

Así mismo, es importante estandarizar los cambios correctivos más frecuentes que ocurren en las actividades ya descritas, es así que:

Tabla 72. Tiempo de cambio elementos correctivos estandarizados, grupo 2

Actividad	Tiempo de cambio	Personas	Grupo
Shunt	10 minutos	1	A-B, E-F
Bandas frotador positivo	15 minutos	1	A-B, E-F

Fuente: Elaboración propia

Los grupos A-B y E-F quedarán a cargo de los cambios correctivos de shunt de sus respectivas ubicaciones laterales. Deberá ir un técnico del grupo por cada cambio correctivo que se tenga de este elemento.

Misma situación si ocurre cambios correctivos de bandas frotador positivo.

7.4 Grupo 3: Neumáticos

Este grupo de actividades es realizado simultáneamente con los grupos 1, grupo 2, y grupo 4. Abarca las tres actividades principales ligadas a los neumáticos: Quitar las válvulas de los neumáticos, corregir las presiones de estos, y por último volver a poner las tapas de los neumáticos.

7.4.1 Listado de actividades realizadas.

Las actividades listadas a realizar en las fichas de trabajo son las que se muestran a continuación:

Tabla 73. Listado de actividades realizadas grupo 3

Actividad	Página en ficha de trabajo
Ruedas Portadoras	3 – 3.1
Inspección visual: Deformación, cortes, fisuras	3 – 3.1
Control con la ficha Ftec-Neum	3 – 3.1
Control visual de la marca de torques de los neumáticos (torquear si es necesario)	3 – 3.1
Control de presión de los neumáticos	3 – 3.1
Limpieza	3 – 3.1
Ruedas guiados	3 – 3.1
Inspección visual: Deformación, cortes, fisuras	3 – 3.1
Control con la ficha Ftec-Neum	3 – 3.1
Control visual de la marca de torques de los neumáticos (torquear si es necesario)	3 – 3.1
Control de presión de los neumáticos	3 – 3.1
Controlar la presencia de los ejes de sujeción de la cubierta y de los pasadores	3 – 3.1
Controlar el apriete de los elementos de sujeción	3 – 3.1
Limpieza	3 – 3.1
Anotar presiones	3.2
Anotar Cambios	3.3

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Sin embargo acá se destaca dos situaciones:

1) Solo las actividades destacadas (en color amarillo) son realizadas durante el turno nocturno de inspección de seguridad. El resto de las actividades son realizadas durante el turno de día.

2) Las fichas de trabajo tiene las actividades duplicadas en la página 3 y 3.1. La única diferencia es que la página 3.1 tiene un diseño actualizado, sin embargo, durante dicha actualización, no se quitó la página 3 de las fichas de trabajo.

7.4.2 Descripción de la forma actual de realizar la tarea

Grupo 3 Neumáticos 2 técnicos
• Desmontar tapa válvulas de neumáticos • Control y corrección de presión de neumático • Poner tapas válvula de neumáticos

La secuencia de cómo se distribuye la actividad se muestra a continuación:

Inicio	Desmontar válvula de neumáticos	Control y corrección de presión de neumáticos	Poner tapa de válvula de neumáticos	**Fin**

Ilustración 67. Secuencia de trabajo grupo 3

Fuente: Elaboración propia

La actividad de este grupo comienza cuando se quita la válvula de los 80 neumáticos (en un tren de 8 coches).

Posteriormente se prosigue con el control de la presión de los neumáticos, realizado con un manómetro análogo, valor que es registrado. Si es necesario se realiza la corrección de presión en los neumáticos que lo requieran.

Una vez completada dicha tarea, se vuelve a colocar la tapa de válvula a los neumáticos y se da por finalizada la actividad.

7.4.2.1 Control y corrección de presión neumático

Las actividades involucradas en **control y corrección de presión neumático** se muestran a continuación:

Tabla 74. Listado de actividades control y corrección de presión neumático

Actividad	Página en ficha de trabajo
Ruedas Portadoras	3 – 3.1
Control de presión de los neumáticos	3 – 3.1
Ruedas guiados	3 – 3.1
Control de presión de los neumáticos	3 – 3.1
Anotar presiones	3.2

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Tanto desmontar la válvula de neumático, como ponerla, no aparecen en las fichas de trabajo. Se entiende que no se puede realizar el control y corrección de presiones con ese elemento puesto.

Por último y a modo general se tiene:

Tabla 75. Condiciones fijas y variables en grupo 3

Variable	Condiciones fijas	Condiciones Variables
Cantidad de personas	-	Trabajan entre 1 a 3 personas en este grupo
Herramientas	Se requieren pocas herramientas para realizar este conjunto de actividades	
Desplazamientos	Se generan excesos de desplazamientos porque herramientas o material están lejanos del puesto de trabajo, o porque las tareas están mal distribuidas (actividades que podrían estar unificadas están separadas)	
Insumos	Actualmente existe solo un carro para trasportar el cilindro de nitrógeno con el que se llena los neumáticos, siendo difícil incorporar más técnicos a esta actividad	

Fuente: Elaboración propia

7.4.3 Cantidad de personas y tiempos promedios de duración

Durante las visitas al taller realizadas, se estudiaron y midieron los tiempos de las siguientes actividades:

- Desmontar tapa válvula neumático
- Control y corrección de presiones neumáticos
- Poner tapa válvula neumático

Los resultados se presentan a continuación.

7.4.3.1 Desmontaje tapa válvula neumático

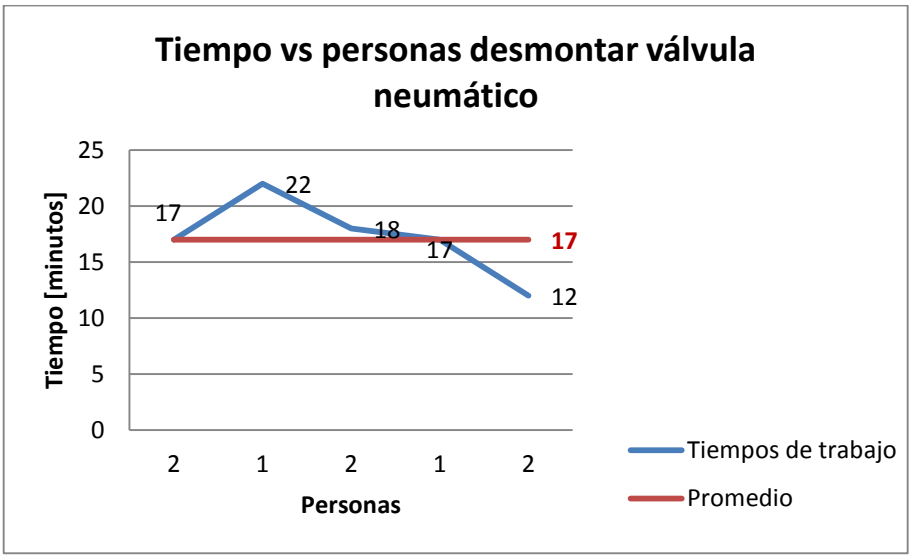

Ilustración 68. Tiempo vs personas en desmontar tapa válvula neumáticos

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	1-2 personas
Tiempo mínimo de duración	12 minutos
Tiempo máximo de duración	22 minutos
Tiempo estimado de duración	**17 ± 4 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**27 ± 8 HH**

En los mantenimientos que se observó, la cantidad de personas que participa en la actividad *desmontaje tapa válvula neumático* varía entre 1 a 2 técnicos. Fruto de esa

variación, el *tiempo estimado de duración* difiere levemente del *tiempo estimado HH (min).*

Si esta actividad es realizada por una persona, se observa una desproporción en la carga de trabajo, pues aparte de recorrer 266 metros (ida y vuelta del tren) también debe realizar 80 sentadillas (correspondiente a las 80 válvulas neumáticas), generando un desgaste en el trabajador.

7.4.3.2 Control y corrección presión

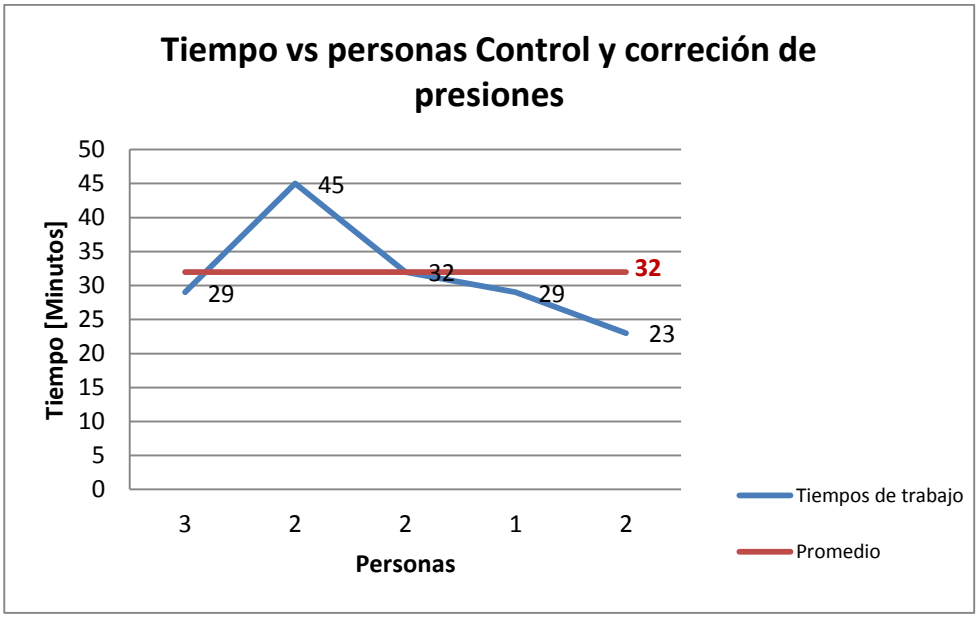

Ilustración 69. Tiempo vs Personas en control y corrección de presiones

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	1-3 personas
Tiempo mínimo de duración	23 minutos
Tiempo máximo de duración	45 minutos
Tiempo estimado de duración	**32 ± 8 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**63 ± 26 HH**

Situación similar que para la actividad descrita en *7.4.3.1* no existe total claridad de cuánta gente debe realizar esta actividad. Como se puede observar, la cantidad de

técnicos varió entre 1 a 3 y fruto de ello se genera una dispersión considerable en las HH.

Es importante tener en cuenta que un tren de 8 coches tiene 80 neumáticos que deben ser controlados y corregidos. Por lo tanto contar con la cantidad de personas adecuadas para esta actividad se vuelve relevante a la hora de disminuir las cargas de trabajo.

7.4.3.3 Poner tapa válvula neumático

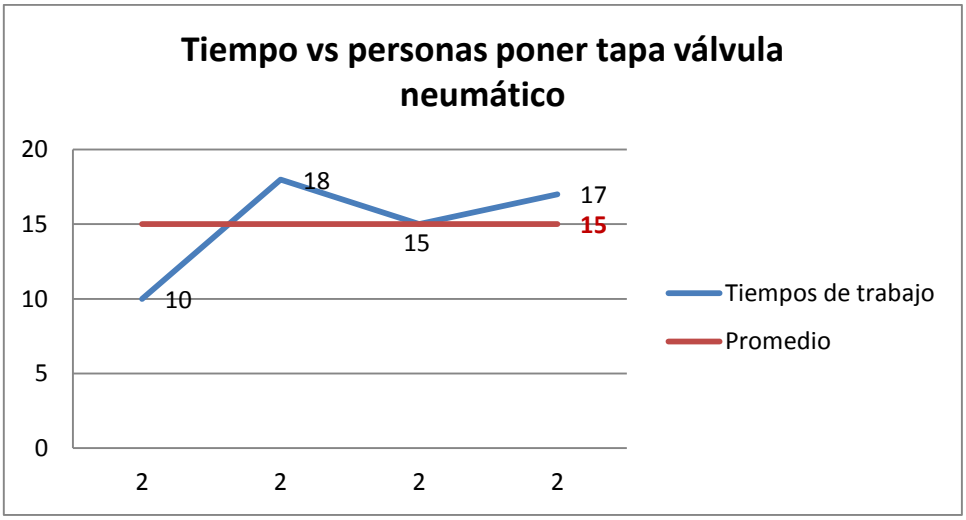

Ilustración 70. Tiempo vs Personas poner tapa válvula neumático

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	2 personas
Tiempo mínimo de duración	10 minutos
Tiempo máximo de duración	18 minutos
Tiempo estimado de duración	**15 ± 4 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**30 ± 8 HH**

Para la tapa de válvula de neumáticos se aprecia que el tiempo promedio fluctúa entorno a los 15 minutos. A diferencia de las dos actividades descritas anteriores 7.*4.3.1* y 7.*4.3.2*, ésta siempre fue hecha por 2 personas, lo que se traduce en tiempos relativamente similares y una baja dispersión

7.4.4 Cambios correctivos

En este grupo no existen cambios correctivos frecuentes. Si es que llegase a ocurrir alguno, sería directamente ligado a los neumáticos, situación poco común. Esto se debe a que el estado de los neumáticos es revisado durante los mantenimientos de día.

7.4.5 Conclusiones

Si se ordena las actividades de forma decreciente en función de su tiempo de duración, se observa:

Tabla 76. Conjunto de actividades grupo 3, ordenadas en forma decreciente de duración.

Actividad	Duración
Control y corrección de presión neumático	32 ± 8 minutos
Desmontar tapa válvula neumático	17 ± 4 minutos
Poner tapa válvula neumático	15 ± 4 minutos

Fuente: Elaboración propia

Se destaca que las tareas que más demoran son *control y corrección de presión neumático* y *desmontar tapa válvula neumático*. Ambas tienen en común que no existe una cantidad fija de técnicos para las tareas, debido a la poca claridad de cómo distribuir las cargas de trabajo. Esto directamente produce una merma en la productividad del taller.

A modo de ejemplificar la situación actual y considerando que existen 80 neumáticos, los técnicos en este grupo realizan aproximadamente la siguiente cantidad de sentadillas:

Actividad	Cantidad de sentadillas Técnico 1	Cantidad de sentadillas Técnico 2
Control y corrección de presión neumático	40	40
Desmontar tapa válvula neumático	40	40
Poner tapa válvula neumático	40	40
Total	**120**	**120**

Realizando como se puede ver, 120 sentadillas cada uno, una cantidad que se considera importante. A raíz de esto, este plan de trabajo propone mediante la redistribución de las actividades, bajar a 60 sentadillas como situación tope.

Actividad	Cantidad de sentadillas Técnico A	Cantidad de sentadillas Técnico B	Cantidad de sentadillas Técnico C	Cantidad de sentadillas Técnico D	Cantidad de sentadillas Técnico E	Cantidad de sentadillas Técnico F
Desmontar tapa válvula neumático	20	20	-	-	20	20
Control y corrección de presión neumático	20	20	20	20	-	-
Poner tapa válvula neumático	20	20	20	20	-	-
Total	**20**	**20**	**40**	**40**	**60**	**60**

Como se puede apreciar, si bien la cantidad total de sentadillas se mantuvo, estas fueron distribuidas entre todos los técnicos.

Pese a que se realizaron los esfuerzos necesarios para que las sentadillas fuesen lo más equitativas posible, la distribución mostrada es la forma más óptima con los recursos actuales. Esto debido a la naturaleza de las actividades involucradas y la cantidad de técnicos que existe actualmente.

Por último, y para el caso particular de este grupo, es importante que al momento de actualizar las fichas de trabajo tener en cuenta la duplicidad de tareas ya mencionadas para corregirlas. Así como quitar las actividades que son realizadas actualmente de día.

7.4.6 Propuesta de valor

La propuesta de valor se detallará a continuación. Además de ello, se ha generado la siguiente secuencia de trabajo para las actividades involucradas:

Tabla 77. Secuencia de actividades propuesta de valor grupo 3

Nivel	Tarea	Cantidad de personas	Trabajador	Páginas de trabajo involucradas
1	Frot.Pos/ Zapatas/ Amort. Vertical + Desmontar tapa válvula neumáticos	4	A-B, E-F	2, 5, 6, 13
3	Control y corrección de presiones	2	C-D	3, 3.1, 3.2
6	Poner tapa válvula neumático	2	E-F	N.A

Fuente: Elaboración propia

La actividad desmontar tapa válvula neumático corresponde a una actividad de nivel 1 y es realizada por los técnicos A-B y E-F en conjunto con las actividades de Frot.Pos/ Zapatas/ Amort. Vertical.

La actividad control y corrección de presiones corresponde a una actividad nivel 3, que debe ser realizada posteriormente a la limpieza + engrase Semibarra (nivel 2) por los técnicos C-D.

Mientras que poner tapa válvula neumático corresponde a una actividad nivel 6, que debe ser realizara pos los técnicos E-F.

7.4.6.1 Desmontar tapa válvula neumático

7.4.6.1.1 Tiempo y cantidad de personas

Tabla 78. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor Desmontar tapa neumáticos

Desmontar tapa válvula neumáticos			-
Variable	**Actualmente**	**Total**	**Propuesta de valor**
Cantidad de personas	2	-	Unificar esta actividad con Frotadores positivos/Zapatas/Amortiguadores verticales con ver el *7.3.6.1*.
Tiempo de tarea	17 ± 4 minutos	21 minutos	
Cantidad de HH	27 ± 8 minutos	35 minutos	

Fuente: Elaboración propia

En esta propuesta de valor ha considerado unificar la tarea *Desmontar tapa válvula neumático* con *Frotador positivo/ Zapata /Amortiguadores verticales*. Para mayor detalle de la distribución y desplazamiento, además del listado de actividades involucradas, revisar el punto *7.3.6.1*.

7.4.6.2 Control y corrección de presiones

7.4.6.2.1 Tiempo y cantidad de personas

Tabla 79. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor

	Control y corrección de presiones		Control y corrección de presiones
Variable	**Actualmente**	**Total**	**Propuesta de valor**
Cantidad de personas	2	-	**2**
Tiempo de tarea	32 ± 8 minutos	40 minutos	**35 minutos**
Cantidad de HH	63 ± 26 minutos	89 minutos	**70 minutos**

Fuente: Elaboración propia

Para esta actividad, resulta difícil optimizar el tiempo, pues este no pasa tanto por la cantidad de técnicos disponibles, sino más bien por los insumos necesarios para realizar esta tarea.

Es por esto, que para corto plazo se ha establecido como propuesta de valor la correcta distribución de las 2 personas disponibles, pero para mediano a largo plazo se recomienda incorporar un nuevo carro para transportar el cilindro de nitrógeno y así disminuir de forma sustantiva la duración de esta actividad ya que permitiría incorporar 2 técnicos adicionales.

Pese a ello y como resultado de la estandarización, se presupuesta una reducción del orden del 13% en el *lead time* de la actividad o una reducción del orden de 21% en las Horas Hombre. Esta se consigue mediante una distribución clara de desplazamiento, distribuyendo mejor la carga laboral y sentadillas realizadas por los técnicos que se traduce en un menor desgaste en los trabajadores.

7.4.6.2.2 Distribución y desplazamiento

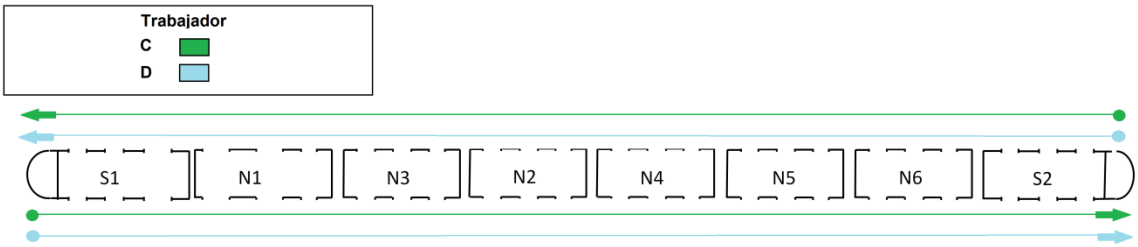

Ilustración 71. Distribución Control y corrección de presiones

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Inicialmente el técnico **C** irá controlando y corrigiendo presiones, mientras que el técnico **D**, llevará el carro para transportar el cilindro además de anotar las mediciones.

Una vez completada la primera mitad de la actividad, los técnicos realizarán un relevo, en donde el técnico **F** irá controlando y corrigiendo presiones, mientras que el técnico **E**, llevará el carro para transportar el cilindro, hasta completar la actividad.

7.4.6.2.3 Listado de actividades involucradas

Las actividades que comprende la tarea de **controlar y corregir presiones** corresponden a:

Tabla 80. Listado de actividades controlar y corregir presiones

Actividad	Página en ficha de trabajo
Ruedas Portadoras	3 – 3.1
Control de presión de los neumáticos	3 – 3.1
Ruedas guiados	3 – 3.1
Control de presión de los neumáticos	3 – 3.1
Anotar presiones	3.2

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.4.6.3 Poner tapa válvula neumático

7.4.6.3.1 Tiempo y cantidad de personas

Tabla 81. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor en Poner tapa válvula neumáticos

	Control y corrección de presiones		Control y corrección de presiones
Variable	**Actualmente**	**Total**	**Propuesta de valor**
Cantidad de personas	2	-	**2**
Tiempo de tarea	15 ± 4 minutos	19 minutos	**15 minutos**
Cantidad de HH	30 ± 8 minutos	38 minutos	**30 minutos**

Fuente: Elaboración propia

La propuesta de valor para esta actividad consiste en que trabaje la misma cantidad de técnicos que ya lo hace, sin embargo, producto de una reingeniería, dichos técnicos pertenecerán a un grupo distinto los cuales no han habrán realizado ninguna actividad en costado del tren previamente durante la jornada. El motivo de esto es distribuir la carga de trabajo y las sentadillas que cada técnico debe realizar a modo de generar el menor desgaste posible.

7.4.6.3.2 Distribución y desplazamiento

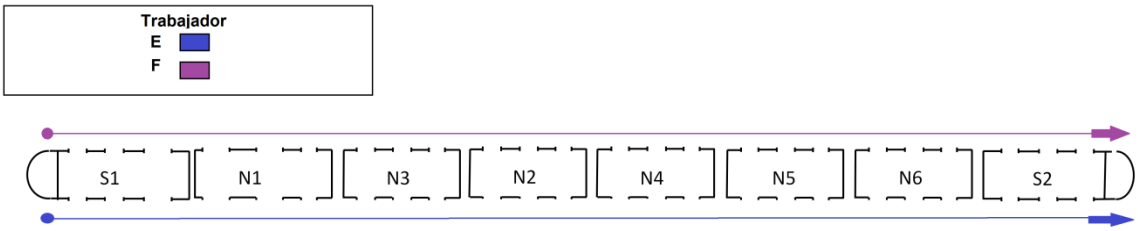

Ilustración 72. Distribución poner tapa válvula neumático

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

El técnico **E** como el técnico **F** deberán, cada uno por el costado del tren, desplazarse a lo largo de este colocando las tapas de válvula neumático, hasta completar la tarea, como se muestra en el diagrama

7.4.6.3.3 Listado de actividades involucradas

Las actividades que comprende la tarea de **poner tapa válvula neumático** no aparece en la ficha de trabajo, pese a ello, se entiende que los neumáticos no pueden salir sin dicho accesorio. Se evaluará si esta actividad agregarla a las fichas de trabajo o poner una indicación respecto a ella.

7.4.6.4 Cambios correctivos

Como se mencionó en el punto *7.4.4 Cambios correctivos*:

"En este grupo no existen cambios correctivos frecuentes. Si es que llegase a ocurrir alguno, sería directamente ligado a los neumáticos, situación poco común. Esto se debe a que el estado de los neumáticos es revisado durante los mantenimientos de día".

7.5 Grupo 4: Interior Coche / Bastidor lateral

Las actividades en este grupo, corresponden a las que son realizadas en el interior del tren y algunas adicionales que son realizadas en los costados laterales del tren.

7.5.1 Listado de actividades realizadas

Las actividades comprendidas en el grupo 4 se muestran a continuación:

Tabla 82. Listado de actividades realizadas en grupo 4

Actividad	Página en ficha de trabajo
Caja Fusible	1
Verificar el Estado del Fusible.	1
Impulsor del Salón y Cabina	1
Limpieza de los conjuntos quitando el polvo acumulado.	1
Control del convertidor estático 77Kva (CVS)	4
Inspección de la zona ventilada.	4
Quita obstáculos Ver 71.500D	12
Control visual del quita obstáculos	12
Control de fisuras provocadas por choque	12
Control del apriete delos 4 tornillos de sujeción 15 daN.m	12
Control del apriete de las 6 tuercas de sujeción de las barras metálicas 3.6 daN.m	12
Verificación de cierres en gangway	14
Limpieza parte Inferior del fuelle	14

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.5.2 Descripción de la forma actual de realizar la tarea

Los subgrupos de actividades involucrados se presentan a continuación:

Grupo 4 Interior coche/Bastidor lateral 1 – 3 personas
• Ventilación: Desmontar tapas, limpieza de motores y tapas, armado. • Gangway: Desmontar tapas, limpieza de gangway y armado. • CVS: Aspirado de ambas unidades CVS • Caja fusible: Medición del estado de caja.

Inicio	Control quita obstáculo	Desmontar tapas ventilación + Desmontar tapas gangway	Limpieza y armado de tapas ventilación y gangway	Aspirado unidades CVS	Caja fusible: Medición estado caja	**Fin**

Ilustración 73. Secuencia de trabajo grupo 4

Fuente: Elaboración propia

Por lo general, la primera actividad realizada corresponde a desmontar tapa de ventilación y gangway. Una vez completada se realiza la limpieza y armado de dichos elementos.

Luego de concluidas las actividades descritas, se procede a realizar el aspirado de unidades CVS y por último se realiza la medición del estado de caja fusible.

Si bien es cierto, la mayoría de las veces se observó este orden, no siempre fue así. Hubo ocasiones en que el aspirado de unidades CVS fue realizado en primer lugar, o incluso, la medición del estado de caja fusible. También, se observó que:

- La cantidad de gente no estaba clara para cada tarea, siendo muchas veces insuficiente, generando malas distribuciones de carga de trabajo
- Falta de elementos (por ejemplo destornillador eléctrico adicional) que permita incluir más gente en las actividades (actualmente solo hay uno disponible)

Evidenciando una necesidad de estandarización de los procesos.

Finalmente, el listado de actividades comprendidas para el grupo de actividades se presenta a continuación:

7.5.2.1 Control Quita obstáculo

Las actividades que involucran este subgrupo se muestran a continuación:

Tabla 83. Listado de actividades control quita obstáculo

Actividad	Página en ficha de trabajo
Quita obstáculos Ver 71.500D	12
Control visual del quita obstáculos	12
Control de fisuras provocadas por choque	12
Control del apriete delos 4 tornillos de sujeción 15 daN.m	12

Control del apriete de las 6 tuercas de sujeción de las barras metálicas 3.6 daN.m	12

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.5.2.2 Limpieza y armado tapas ventilación y gangway

Este subgrupo está comprendido por las actividades que se muestran a continuación:

Tabla 84. Listado de actividades limpieza y armado tapas ventilación y gangway

Actividad	Página en ficha de trabajo
Impulsor del Salón y Cabina	1
Limpieza de los conjuntos quitando el polvo acumulado.	1
Verificación de cierres en gangway	14
Limpieza parte Inferior del fuelle	14

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.5.2.3 Aspirado unidades CVS

Este subgrupo solo comprende una inspección de la zona ventilada. En caso que lo requiera, debe ser aspirado:

Tabla 85. Listado de actividades Aspirado unidades CVS

Actividad	Página en ficha de trabajo
Control del convertidor estático 77Kva (CVS)	4
Inspección de la zona ventilada.	4

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.5.2.4 Caja fusible: Medición estado de caja

Finalmente este subgrupo solo incorpora la actividad de verificar el estado de los fusibles:

Tabla 86. Listado de actividades medición estado de caja

Actividad	Página en ficha de trabajo
Caja Fusible	1
Verificar el Estado del Fusible.	1

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Por último se presenta un cuadro con las condiciones fijas y variables observadas durante el desarrollo de las actividades involucradas:

Tabla 87. Condiciones fijas y variables en grupo 4

Variable	Condiciones fijas	Condiciones Variables
Cantidad de personas		La cantidad de personas varió de un mantenimiento a otro. Hubo veces que estuvieron 3 personas involucradas, 2, e incluso 1 persona.
Herramientas	Técnicos siempre llevan kit de herramientas básicas para realizar las tareas	
Desplazamientos		Los técnicos realizan exceso de desplazamientos, al no tener una secuencia de trabajo fija.
Distribución de carga de trabajo		Al no estar internalizado la gente que debe estar involucrada en cada actividad, se genera una distribución de carga desigual.

Fuente: Elaboración propia

7.5.3 Cantidad de personas y tiempos promedios de duración

Fruto de los mantenimientos observados y de los tiempos medidos se obtuvo resultados de las siguientes actividades que conforman al grupo 4:

- Desmontar tapas ventilación + Desmontar tapas gangway
- Limpieza y armado de tapas ventilación y gangway
- Aspirado unidades CVS
- Caja fusible: medición estado de caja

7.5.3.1 *Desmontar tapas de conjunto ventilación y tapas resorte gangway*

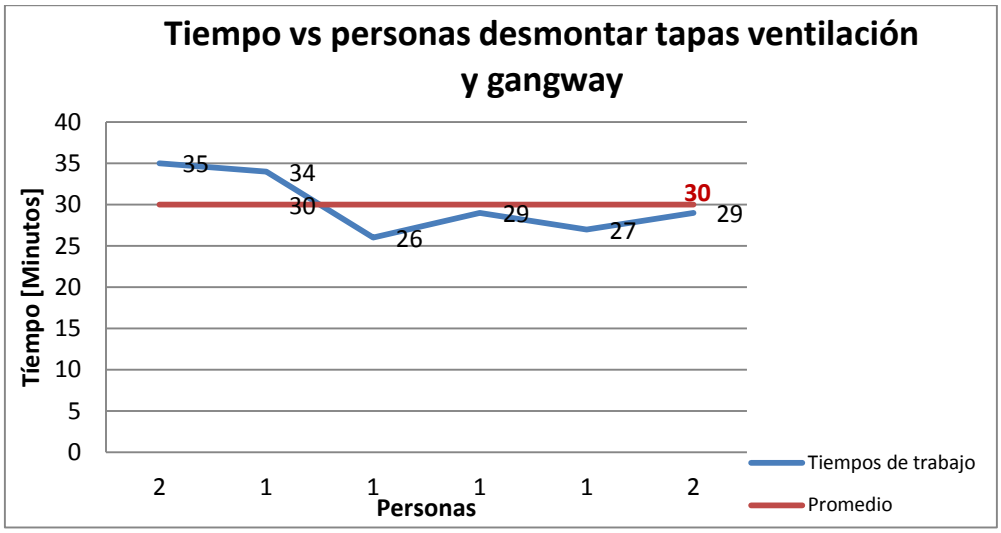

Ilustración 74. Tiempo vs personas en desmontaje ventilación y gangway

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	1-2 personas
Tiempo mínimo de duración	26 minutos
Tiempo máximo de duración	35 minutos
Tiempo estimado de duración	**30 ± 4 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**41 ± 19 HH**

En la *Ilustración 74* se observa que para el caso en donde hubo dos personas trabajando simultáneamente en esta actividad, no existió una disminución del tiempo. Esto se debe a que actualmente la tarea de desmontar las tapas de los conjuntos de ventilación es realizada solo con un destornillador eléctrico, limitando que se puedan sumar técnicos adicionales a la actividad.

La propuesta de valor considerará incorporar otro destornillador eléctrico, a modo de poder sumar otro técnico a esta actividad y disminuir los tiempos de trabajo, en por lo menos, la mitad. Con ello se busca también una mejora en la distribución de cargas de trabajo.

Por otro lado se destaca que durante el período estudiado, se observó las siguientes situaciones:

- La actividad de desmontar las tapas de los conjuntos de ventilación y las tapas del resorte gangway son realizadas simultáneamente.

- Se desmonta todas las tapas de los conjuntos de ventilación primero y posteriormente se desmontan todas las tapas de los resortes gangway.

- Se desmonta primero todas las tapas de los resortes gangway y posteriormente todas las tapas de los conjuntos ventilación.

Debido a esto es importante generar una estandarización, que será propuesta en el apartado *7.5.6.2 Desmontar tapas de conjunto ventilación y tapas resorte y gangway*.

7.5.3.2 Limpieza y armado de tapas ventilación y gangway

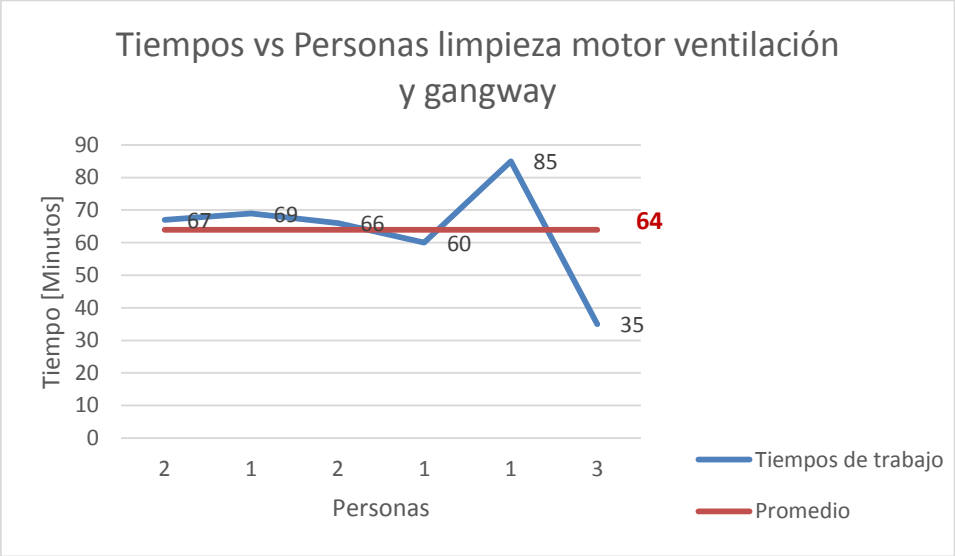

Ilustración 75. Tiempo vs personas para limpieza motor ventilación y gangway

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	1-3 personas
Tiempo mínimo de duración	35 minutos
Tiempo máximo de duración	85 minutos
Tiempo estimado de duración	**64 ± 16 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**98 ± 31 HH**

Se observa que el tiempo para realizar la limpieza y armado de las tapas de ventilación gangway la mayoría de los casos sobrepasó la hora. Esto se debe a que actualmente no existe claridad de cómo la actividad debe ser realizada.

Hubo veces en que:

- Los técnicos limpiaron un conjunto de ventilación y enseguida colocaron la tapa de ventilación
- Los técnicos primero limpian todos los conjuntos de ventilación y una vez terminada dicha actividad, proceden a poner todas las tapas de los conjuntos de ventilación

Como consecuencia de lo descrito, se observa una dispersión considerable (σ = 16 minutos) y variabilidad en la cantidad de técnicos. Finalmente se destaca que *Limpieza y armado tapas de ventilación y gangway* es una de las tareas que más demora en el mantenimiento de IS.

7.5.3.3 Aspirado de unidades CVS

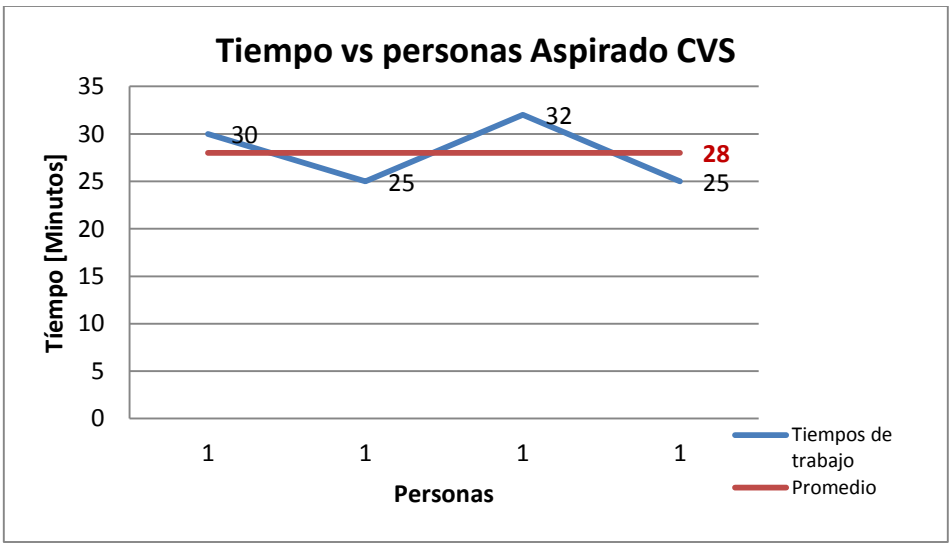

Ilustración 76. Tiempo vs personas aspirado CVS

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	1 persona
Tiempo mínimo de duración	25 minutos
Tiempo máximo de duración	32 minutos
Tiempo estimado de duración	**28 ± 4 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**28 ± 4 HH**

Esta actividad siempre fue realizada por una persona. Esta requiere de aspiradoras para poder ser ejecutada y actualmente solo existe una disponible para los técnicos, la cual es de gran tamaño y dificulta su transporte. Es por ello que se propondrá la incorporación de dos aspiradoras más ergonómicas a modo de facilitar el trabajo a los técnicos, generar una mejor distribución de las cargas de trabajo y disminuir los tiempos de mantenimiento.

7.5.3.4 Caja fusible: medición estado de caja

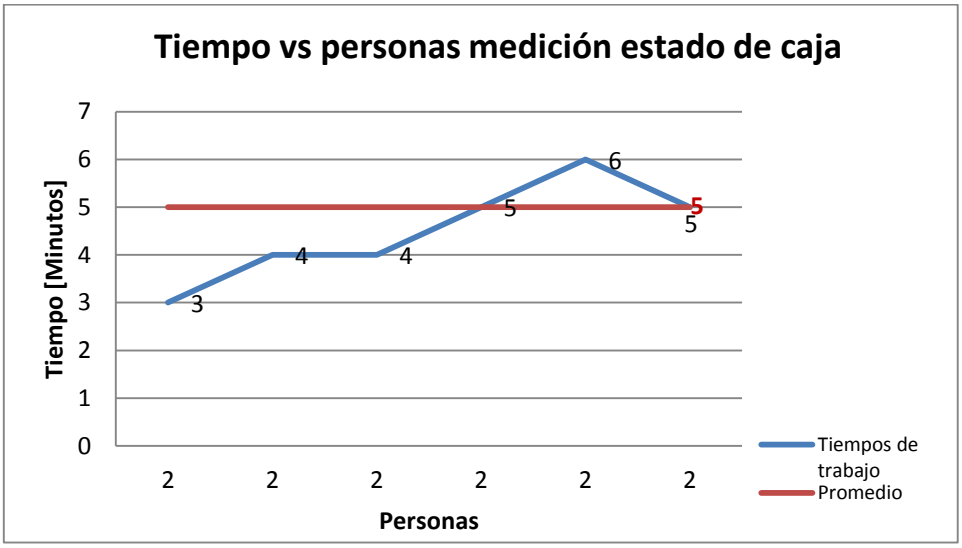

Ilustración 77. Tiempo vs Personas para medición estado caja fusible

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	2 personas
Tiempo mínimo de duración	3 minutos
Tiempo máximo de duración	6 minutos
Tiempo estimado de duración	**5 ± 1 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**5 ± 1 HH**

Esta actividad es de corta duración y siempre estuvieron involucrados dos técnicos. Se observó que es correctamente realizada y la mejora en esta actividad pasa por la determinación de su duración y posterior estandarización de la tarea.

7.5.4 Cambios correctivos

Se observó que los cambios correctivos más frecuentes del grupo 4 corresponden a los siguientes:

Tabla 88. Tiempo de cambio elementos correctivos frecuente, en grupo 4

Actividad	Tiempo de cambio
Resorte asiento conductor	5 minutos
Cambio de pasamanos	1 minutos por c/ pasamano
Cambio Tapas de ventilación	15 minutos
Fusible frotador positivo	10 minutos
Resorte gangway	10 minutos

Fuente: Elaboración propia

7.5.5 Conclusiones

Si se ordena los tiempos de las actividades en función de su duración decreciente se tiene:

Tabla 89. Conjunto de actividades grupo 4, ordenadas en forma decreciente de duración

Actividad	Duración
Limpieza y armado tapas de ventilación y tapas gangway	66 ± 16 minutos
Desmontar tapas de ventilación + tapas gangway	30 ± 4 minutos
Aspirado unidades CVS	28 ± 4 minutos
Caja fusible: Medición estado de caja	5 ± 1 minutos

Fuente: Elaboración propia

Dentro de este grupo se encuentra la segunda actividad que más demora en el mantenimiento de IS, correspondiente a la limpieza y armado de tapas de ventilación como tapas gangway.

Se da cuenta que no existe una secuencia clara para la distribución del trío de actividades: *desmontaje*, como la *limpieza* y *armado* de tapas de ventilación y tapas gangway lo que genera variabilidad en los tiempos de las actividades.

También se observó que existe una deficiencia en la distribución de las cargas de trabajo para estas tres actividades. Esto sucede principalmente por:

- Actualmente existe solo un destornillador eléctrico. Dificultando la incorporación de más técnicos a esta actividad.

Como resultado, esta propuesta de valor propone la incorporación de otro destornillador eléctrico que facilite la tarea.

Situación similar sucede al momento de realizar el aspirado en las unidades CVS:

- Existe actualmente solo una aspiradora. Dificultando la adición de más técnicos en esta actividad.

Esta propuesta de valor, también considera la incorporación de dos nuevas aspiradoras, que sean más ergonómicas y fácil de trasladar. La aspiradora que existe actualmente tiene dificultad para ser transportada debido a su gran tamaño.

Por último la actividad que comprende la medición de los estados de los fusibles es realizada correctamente y se ve innecesaria una posibilidad de mejora. Pese a ello estandarizarla es clave.

7.5.6 Propuesta de valor

En el presente apartado, se presentará la propuesta de valor para el **grupo 4: Interior coche/ Bajo bastidor lateral.**

Así mismo, se ha generado la secuencia de trabajo.

Tabla 90. Secuencia de actividades propuesta de valor grupo 4

Nivel	Tarea	Cantidad de personas	Trabajador	Páginas de trabajo involucradas
5	Caja fusible: Medición estado de caja fusible	2	C-D	1
3	Desmontar tapas de conjunto ventilación y tapas resorte gangway	2	E-F	N.A

4	Limpieza y armado tapas de ventilación gangway	2	E-F	1-14
4	Aspirado unidades CVS	2	A-B	4

Fuente: Elaboración propia

Los técnicos C-D realizarán al momento de llegar al 5to nivel la actividad *Caja fusible: Medición estado de caja fusible.*

Los técnicos E-F realizarán al momento de llegar al 3er nivel la actividad *desmontar tapa de conjunto ventilación y tapas resorte gangway*. Una vez completada dicha actividad pasarán al 4to nivel realizando la actividad *limpieza y armado tapas de ventilación y gangway.*

Finalmente los técnicos A-B realizarán en el nivel 4to la actividad *aspirado unidades CVS*

7.5.6.1 Caja fusible: Medición estado de caja fusible

7.5.6.1.1 Tiempo y cantidad de personas

Tabla 91. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor medición estado caja fusible

	Medición estado de caja fusible		Medición estado caja fusible
Variable	**Actualmente**	**Total**	**Propuesta de valor**
Cantidad de personas	2	-	**2**
Tiempo de tarea	**5 ± 1 minutos**	6 minutos	**5 minutos**
Cantidad de HH	12 minutos	12 minutos	**10 minutos**

Fuente: Elaboración propia

Actualmente esta actividad es realizada de forma adecuada, y una reducción de tiempo se vuelve difícil. Sin embargo la propuesta de valor consiste en establecer los tiempos de duración y la forma de desplazamiento de los técnicos

7.5.6.1.2 Distribución y desplazamiento

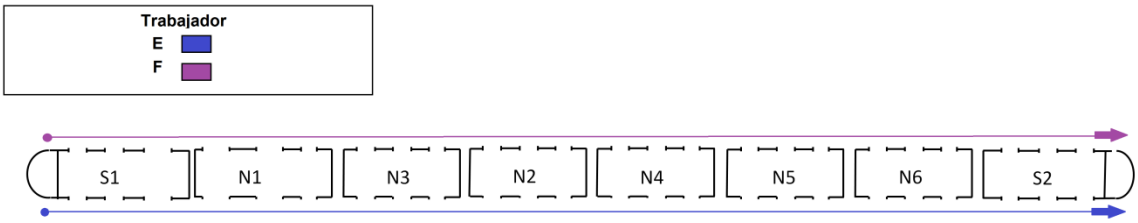

Ilustración 78. Distribución y desplazamiento medición caja fusible

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Tanto el técnico **E** como el técnico **F** irán cada uno a un costado del tren realizando la medición del estado de caja fusible simultáneamente, hasta completar la actividad.

7.5.6.1.3 Listado de actividades involucradas

Las actividades que deben realizar los **trabajadores C-D** se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 92. Listado de actividades Caja fusible: Medición estado caja fusible

Actividad	Página en ficha de trabajo
Caja Fusible	1
Verificar el Estado del Fusible.	1

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.5.6.2 Desmontar tapas de conjunto ventilación y tapas resorte y gangway

7.5.6.2.1 Tiempo y cantidad de personas

Tabla 93. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor desmontar tapas conjunto ventilación y tapas resorte y gangway

	Desmontar tapas de conjunto ventilación y tapas resorte gangway		Desmontar tapas de ventilación + tapas gangway
Variable	**Actualmente**	**Total**	**Propuesta de valor**
Cantidad de personas	1-2	-	**2**

Tiempo de tarea	30 ± 4 minutos	34 minutos	**25 minutos**
Cantidad de HH	41 ± 19 minutos	60 minutos	**50 minutos**

Fuente: Elaboración propia

La propuesta de valor para esta actividad se genera al:

- Estandarizar la tarea, estableciendo una cantidad fija de técnicos a realizarla y un tiempo determinado
- Unificación de las actividades: Se establece que las actividades deben ser consideradas como una y ser realizadas simultáneamente para evitar tiempos muertos
- Incorporación de herramientas: Incorporación de un destornillador eléctrico adicional que permita aumentar la dotación de personas para desmontar las tapas de ventilación, así disminuyendo la carga de trabajo de los técnicos y los tiempos de la actividad.
- Menores desplazamientos: Al establecer la forma de desplazarse en esta tarea, se reducirán estos.
- Actividad fue cambiada de grupo: Para el cambio correctivo de pasamanos, frecuentemente realizado en este grupo, fue adicionado a las actividades en pruebas de entrada.

Fruto de este esfuerzo, se espera lograr una reducción entorno al 27% en el tiempo de duración de esta tarea.

7.5.6.2.2 Distribución y desplazamiento

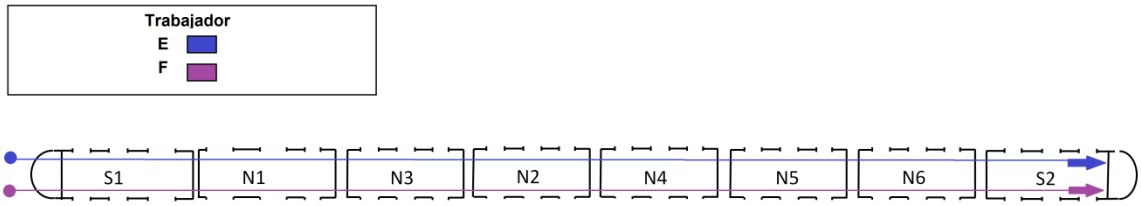

Ilustración 79. Distribución y desplazamiento desmontar tapas de ventilación y tapas resorte y gangway

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Tanto el trabajador **E**, como el trabajador **F** irá cada uno desmontando las tapas de los conjuntos de ventilación. Cada técnico desmontará 17 tapas.

Así mismo, al momento de llegar a la intercirculación del tren, los técnicos deberán desmontar adicionalmente las tapas de los resortes gangway.

Esta tarea se repetirá a lo largo de todo el tren hasta completarla.

7.5.6.2.3 Listado de actividades involucradas

Las actividades involucradas en desmontar las tapas de ventilación y tapas resorte gangway realizada por los técnicos **E** y **F** no aparecen en las fichas de trabajo, pues se entiende que es imposible realizar las tarea de limpieza con las tapas puestas.

7.5.6.3 Limpieza y armado tapas de ventilación y gangway

7.5.6.3.1 Tiempo y cantidad de personas

Tabla 94. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor limpieza y armado tapas de ventilación y gangway

	Limpieza y armado tapas de ventilación gangway		Limpieza y armado tapas de ventilación gangway
Variable	**Actualmente**	**Total**	**Propuesta de valor**
Cantidad de personas	1-3	-	**2**
Tiempo de tarea	64 ± 16 minutos	82 minutos	**45**
Cantidad de HH	98 ± 31 minutos	129 minutos	**90 minutos**

Fuente: Elaboración propia

Se espera lograr una reducción en el lead time de esta actividad mediante:

- Estandarizar la actividad: Se ha decidido unificar la actividad, se limpia la unidad de ventilación e inmediatamente después se debe colocar la tapa de ventilación.
- Disminución de desplazamientos: Se acorta el desplazamiento, se pasará de recorrer de 266 metros a 133 metros.

- Incorporación de herramientas: Incorporación de un destornillador eléctrico adicional que permita aumentar la dotación de personas para colocar las tapas de ventilación y disminuir los tiempos de forma considerable.

Esta es la actividad que se pronostica tendrá la mayor reducción en cantidad de HH, esto se debe principalmente a que:

Actualmente la actividad demora 129 HH (min) compuesta en dos partes:

$$HH\ Limpieza\ y\ armado = HH\ Limpiar + HH\ en\ armar$$

$$129\ HH\ min = 69\ HH\ min + 60\ HH\ min$$

En donde:

- 69 HH min: Corresponde a las HH invertidas en limpiar
- 60 HH min: Corresponde a las HH invertidas en armar

Con la incorporación de un destornillado eléctrico adicional se presupuesta una reducción del 50% en las HH invertidas en armar, por lo tanto la actividad quedaría como se presenta a continuación:

$$HH\ limpieza\ y\ armado_{Propuesta\ de\ valor} = HH\ Limpiar + HH\ en\ armar$$

$$99\ HH\ min = 69\ HH\ min + 30\ HH\ min$$

Si a esta propuesta, le adicionamos la implementación de mejora en desplazamiento, la mejora en la forma de distribuir la carga de trabajo y la unificación de la actividad para disminuir los tiempos muertos, se pronostica alcanzar las 90 HH min durante la realización de esta tarea.

Esto supondría una disminución de un 30% de las HH o una reducción del 45% en el *lead time* de esta labor.

7.5.6.3.2 Distribución y desplazamiento

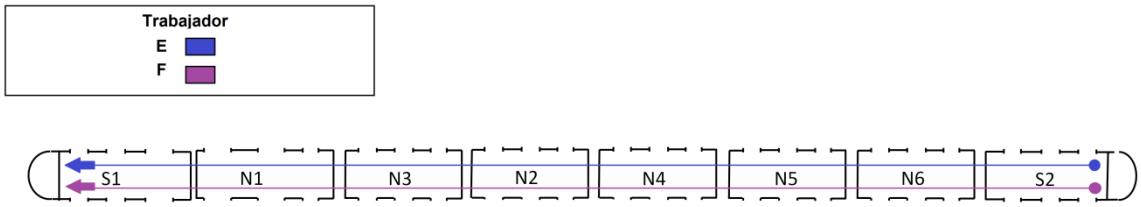

Ilustración 80. Distribución y desplazamiento para limpieza y armado tapas ventilación y gangway

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Tanto el **técnico E**, como el **técnico F**, una vez completada la actividad de desmontar tapas conjunto de ventilación, procederán a realizar la limpieza de los conjuntos de ventilación. Cada técnico limpiará una tapa, e inmediatamente al completar esta actividad, procederá a poner las tapas de ventilación en su lugar original. Cada técnico limpiará y pondrá 17 tapas.

Así mismo, al momento de llegar a la intercirculación (gangway) los técnicos procederán a realizar la limpieza al interior del fuelle y una vez completada, inmediatamente pondrán las tapas de los resortes en su posición original.

7.5.6.3.3 Listado de actividades involucradas

Las actividades que deben realizar los **trabajadores E-F** se detallan en la tabla a continuación:

Tabla 95. Listado actividades limpieza y armado tapas ventilación y gangway

Actividad	Página en ficha de trabajo
Impulsor del Salón y Cabina	1
Limpieza de los conjuntos quitando el polvo acumulado.	1
Verificación de cierres en gangway	14
Limpieza parte Inferior del fuelle	14

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

Por último se destaca que si bien, el armado (colocación de tapas) tanto para los conjuntos de impulsor salón cabina, como para las tapas gangway no sale listada en las actividades, se entiende que debe ser realizado por los técnicos ya que sin ellas el techo interior de los vagones quedaría descubiertos.

7.5.6.4 Aspirado unidades CVS

7.5.6.4.1 Tiempo y cantidad de personas

Tabla 96. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor aspirado unidades CVS

	Aspirado unidades CVS		Aspirado unidades CVS
Variable	**Actualmente**	**Total**	**Propuesta de valor**
Cantidad de personas	1	-	**2**
Tiempo de tarea	**28 ± 4 minutos**	32 minutos	**15 minutos**
Cantidad de HH	28 ± 4 minutos	32 minutos	**30 minutos**

Fuente: Elaboración propia

Si bien el tiempo en HH se mantuvo, considerando 15 minutos por unidad CVS, se propone reducir el tiempo de tarea (lead time), mediante la adquisición de una aspiradora adicional, que permitirá incluir un técnico extra a la actividad.

7.5.6.4.2 Distribución y desplazamiento

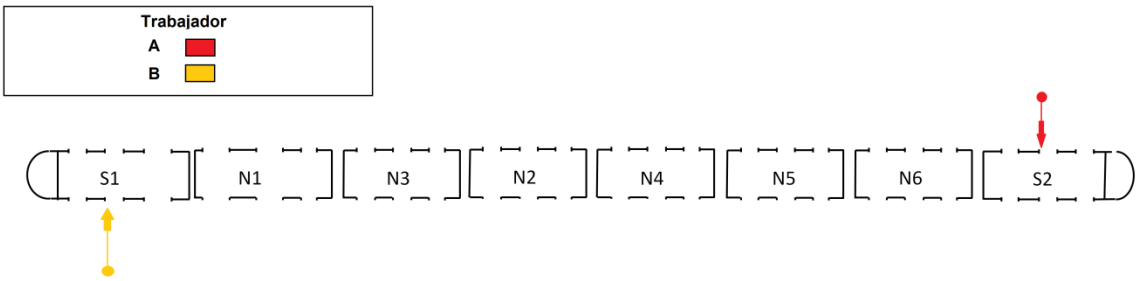

Ilustración 81. Distribución y desplazamiento aspirado unidades CVS

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

Tanto el trabajador **A**, como el trabajador **B** se posicionarán cada uno en una unidad CVS y procederán a realizar el limpiado y aspirado.

7.5.6.4.3 Listado de actividades involucradas

El listado de actividades involucradas en esta actividad realizada por los técnicos **A y B**, se presenta a continuación:

Tabla 97. Listado de actividades aspirado unidades CVS

Actividad	Página en ficha de trabajo
Control del convertidor estático 77Kva (CVS)	4
Inspección de la zona ventilada.	4

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.5.6.5 Cambios correctivos

Por último se establecerá la cantidad de gente que debe involucrarse en los cambios correctivos más frecuentes:

Tabla 98. Propuesta de valor: Cambios correctivos frecuente estandarizados grupo 4

Actividad	Tiempo de cambio	Personas	Grupo
Resorte asiento conductor	5 minutos	1	E-F
Cambio Tapas de ventilación	15 minutos	1	E-F
Fusible frotador positivo	10 minutos	1	C-D
Resorte gangway	10 minutos	1	E-F

Fuente: Elaboración propia

El grupo E-F estará a cargo de los cambios correctivos de *resorte asiento conductor*, *tapas de ventilación* y *resorte gangway*, en donde si es necesario deberá ir un técnico a realizar el cambio por cada elemento que lo requiera.

Del grupo C-D deberá ir un técnico a realizar los cambios correctivos por cada *fusible frotador positivo* que lo requiera.

7.6 Grupo 5: Pruebas de salida

Corresponde a la última actividad realizada durante la jornada de inspección de seguridad IS. Acá se realizan pruebas generales en cabinas, controlando que todos los parámetros estén en orden y el tren esté disponible para ser entregado a Metro Santiago.

7.6.1 Listado de actividades realizadas

A continuación se presenta en detalle el listado de las actividades realizadas por los técnicos durante las pruebas de salida y su ubicación en las páginas de las fichas de trabajo

Tabla 99. Listado de actividades grupo 5 pruebas de salida

Actividad	Página en fichas de trabajo
Verificación, control del estado y funcionamiento	Salida 1
Mangas de aire entre coches	Salida 1
Cables de interconexión entre coches	Salida 1
Estado limpiaparabrisas (control, limpieza y relleno)	Salida 1
Batería cargada	Salida 1
Palanca selectora marcha posición freno urgencia	Salida 1
Llave selección lado puertas Posición NEUTRO	Salida 1
Ventilación salón posición normal	Salida 1
Paneles disyuntores conectados	Salida 1
Presión tubería principal 8.5 a 10 BAR	Salida 1
Fallas relevantes(Pantalla monitoreo Fallas)	Salida 1
Lámparas del pupitre	Salida 1
Luces identificación	Salida 1
Ventilación y calefacción Cabina	Salida 1
Control freno emergencia	Salida 1
Llave de urgencia KSA	Salida 1
Sonorización	Salida 1
Manipulador principal: CTRL juntas labiales	Salida 1
Selector de conducción	Salida 1
Asiento conductor (tapiz, piezas móviles, ejes y pasadores)	Salida 1
Asiento instructor (tapiz, piezas móviles, ejes y pasadores)	Salida 1
Bocina (inspeccionar funcionamiento)	Salida 1
Inspeccionar el estado del extinguidor incendio	Salida 1
Verificación del estado y funcionamiento	Salida 1

Colchones de suspensión neumática	Salida 1
Verificación del estado y funcionamiento	Salida 1
Cierre y apertura de puertas	Salida 1
Revisión Completa de	Salida 2
Repliegue Frotadores Positivos	Salida 2
Frotadores Negativos	Salida 2
Cofres Laterales	Salida 2
Cofres bajo bastidor	Salida 2
K.A.HT Posición FT	Salida 2
Observaciones Generales Inspección de Seguridad IS	AUX

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.6.2 Descripción de la forma actual de realizar la tarea

A grandes rasgos, las pruebas de salida comprenden las siguientes actividades:

Pruebas de salida **2 personas**
• Pruebas de salida: Pruebas en cabinas

Por otro lado, las condiciones fijas y variables que se observan corresponden a:

Tabla 100. Condiciones fijas y variables grupo 5

Variable	Condiciones fijas	Condiciones Variables
Cantidad de personas	2 personas: Una persona por cabina realizando las pruebas de entrada.	
Herramientas	Técnicos siempre llevan kit de herramientas básicas para realizar las tareas	
Desplazamientos	Los técnicos se desplazan de forma lógica dentro del tren, intentando optimizar excesos de desplazamientos.	
Distribución de carga de trabajo	La cantidad de técnico es la óptima.	No hay un grupo claro para quienes realizan estas actividades.
Tiempo		Las pruebas de salidas no son inmediatamente realizadas al momento de terminar la penúltima actividad del mantenimiento. Para mayor detalle ver *ítem II: Análisis de tiempos de mantenimiento, punto 4*.

Fuente: Elaboración propia

7.6.3 Cantidad de personas y tiempos promedios de duración

Fruto de las mediciones realizadas, se generó el gráfico que se presenta a continuación:

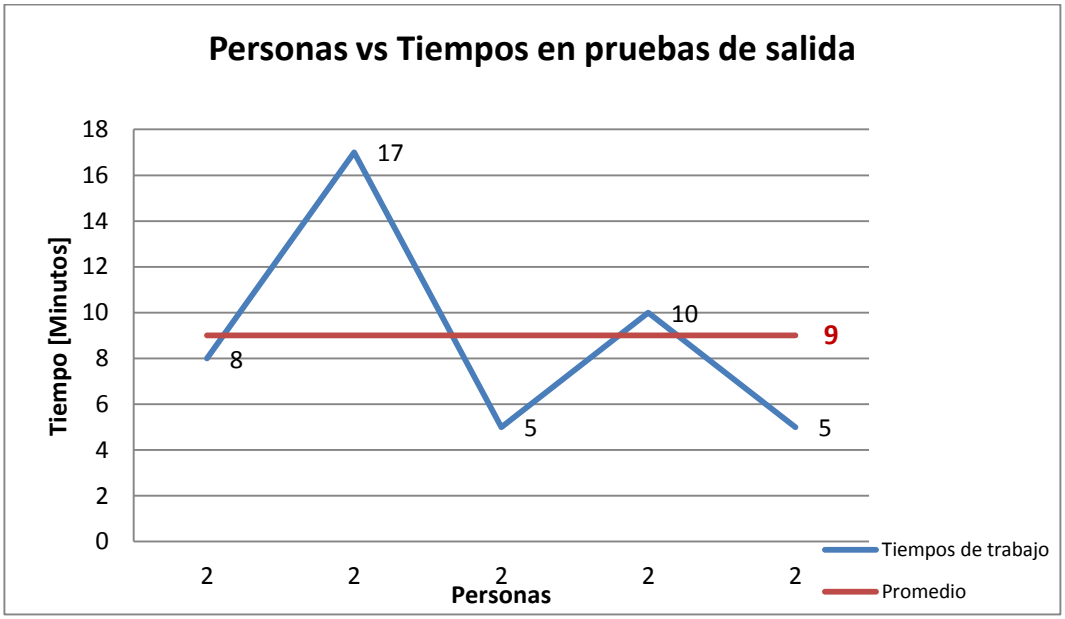

Ilustración 82. Personas vs tiempos en pruebas de salida

Fuente: Elaboración propia

Datos	
Cantidad de personas involucradas	2
Tiempo mínimo de duración	5 minutos
Tiempo máximo de duración	17 minutos
Tiempo estimado de duración	**9 ± 5 minutos**
Tiempo estimado HH (min)	**18 ± 10 HH**

Se puede observar que la cantidad de técnicos involucrados en la actividad no varió, siendo siempre dos.

El promedio de la actividad fue de 9 minutos, con una desviación estándar de 5 minutos, por lo tanto, este es el grupo de menor duración de los 5 ya analizados.

7.6.4 Cambios correctivos

No se observaron cambios correctivos en este grupo. Estos suelen ser poco frecuentes, debido a que la mayor parte de las averías son detectadas antes o durante el mantenimiento.

7.6.5 Conclusiones

Debido a la corta duración de esta actividad y una correcta distribución de carga laboral (siempre van 2 técnicos), es difícil generar una disminución de tiempo o un aumento en la productividad.

Pese a ello se considera que es importante estandarizar el proceso y dejar en claro qué grupo de técnicos deben realizarla, pues esto no está definido.

7.6.6 Propuesta de valor

Por lo tanto, la propuesta de valor constará de:

- Estandarización
- Definir qué grupo de técnicos deben realizarla

La secuencia de trabajo se presenta a continuación:

Tabla 101. Secuencia de actividades propuesta de valor grupo 5

Nivel	Tarea	Cantidad de personas	Trabajador	Páginas de trabajo involucradas
5	Pruebas de salida	2	A-B	Salida, Salida 1, Aux

Fuente: Elaboración propia

7.6.6.1 Pruebas de salida

7.6.6.1.1 Tiempo y cantidad de personas

En el presente cuadro, se puede observar como la actividad es realizada actualmente, y su correspondiente propuesta de valor:

Tabla 102. Tiempo y cantidad de personas actual vs propuesta de valor pruebas de salida

Variable	Actualmente	Total	Propuesta de valor
Cantidad de personas	2	-	**2**
Tiempo de tarea	9 ± 5 minutos	**14 minutos**	**15 minutos**
Cantidad de HH	18 ± 10 minutos	**28 minutos**	**30 minutos**

Fuente: Elaboración propia

Se observa que se ha generado una estandarización del proceso fruto de las mediciones realizadas y los resultados expuestos.

7.6.6.1.2 Distribución y desplazamiento

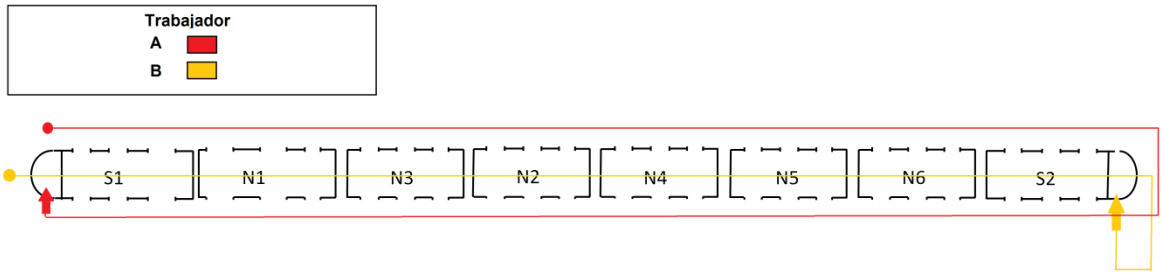

Ilustración 83. Distribución y desplazamiento pruebas de salida

Fuente: Elaboración propia

Descripción:

El técnico **A** partirá por el costado del tren, realizando la revisión completa de: *El repliegue de frotadores positivos, cofres laterales* y *K.A.HT Posición FT*.

Una vez completada dicha actividad, procederá a ingresar a la cabina del conductor del tren S1 y terminar las actividades de pruebas de salida ligadas a la *verificación, control del estado y funcionamiento.*

El técnico **B** ingresará al foso del tren, realizando la revisión completa de los *frotadores negativos* y *cofres bajo bastidor*.

Una vez completada la actividad, procederá a ingresar a la cabina del conductor del tren S2 y completará las actividades de pruebas de salida ligadas a la *verificación, control del estado y funcionamiento*.

7.6.6.1.3 Listado de actividades involucradas

Las actividades pruebas de salida, corresponden a las listadas a continuación, realizadas por los técnicos A y B, en las cabinas del tren NS04.

Tabla 103. Listado de actividades propuesta de valor prueba de salida

Actividad	Página en fichas de trabajo
Verificación, control del estado y funcionamiento	Salida 1
Mangas de aire entre coches	Salida 1
Cables de interconexión entre coches	Salida 1
Estado limpiaparabrisas (control, limpieza y relleno)	Salida 1
Batería cargada	Salida 1
Palanca selectora marcha posición freno urgencia	Salida 1
Llave selección lado puertas Posición NEUTRO	Salida 1
Ventilación salón posición normal	Salida 1
Paneles disyuntores conectados	Salida 1
Presión tubería principal 8.5 a 10 BAR	Salida 1
Fallas relevantes(Pantalla monitoreo Fallas)	Salida 1
Lámparas del pupitre	Salida 1
Luces identificación	Salida 1
Ventilación y calefacción Cabina	Salida 1
Control freno emergencia	Salida 1
Llave urgencia KSA	Salida 1
Sonorización	Salida 1
Manipulador principal: CTRL juntas labiales	Salida 1
Selector de conducción	Salida 1
Asiento conductor (tapiz, piezas móviles, ejes y pasadores)	Salida 1
Asiento instructor (tapiz, piezas móviles, ejes y pasadores)	Salida 1
Bocina (inspeccionar funcionamiento)	Salida 1
Inspeccionar el estado del extinguidor incendio	Salida 1
Verificación del estado y funcionamiento	Salida 1
Colchones de suspensión neumática	Salida 1
Verificación del estado y funcionamiento	Salida 1
Cierre y apertura de puertas	Salida 1
Revision Completa de	Salida 2
Repliegue Frotadores Positivos	Salida 2
Frotadores Negativos	Salida 2
Cofres Laterales	Salida 2
Cofres bajo bastidor	Salida 2
K.A.HT Posición FT	Salida 2

Observaciones Generales Inspección de Seguridad IS	AUX

Fuente: Fichas de control para inspección de seguridad NS2004

7.6.6.2 Cambios correctivos

Se observó que los cambios correctivos en este grupo de actividades son poco frecuentes, por lo tanto, no existe predominancia de estos.

7.7 Conclusiones propuestas de valor

Como consecuencia de lo desarrollado en el CAPÍTULO 7: FORMA DE TRABAJO Y PROPUESTA DE VALOR se ha pasado de seis grupos de trabajo:

- Pruebas de entrada
- Bajo bastidor
- Bastidor lateral/Bajo bastidor
- Neumáticos
- Interior coche/Bastidor lateral
- Pruebas de salida

A solo tres nuevos grupos de trabajo. A continuación se presenta las actividades que involucran, los tiempos y HH de estos nuevos grupos:

Tabla 104. Propuesta de valor: Distribución de grupos de trabajo

Grupo	Técnicos del grupo	Nivel	Tarea	Cantidad de personas	Técnicos que realizan las tareas	Páginas de trabajo involucradas	Lead Time	HH Involucradas
1	A-B	0	Pruebas de entrada	2	A-B	Entrada, Entrada2, 9, 11	25 minutos	0,83
		1	Quita obstáculo/ Frot.Pos/ Zapatas/ Amort. vertical + Desmontar tapa válvula neumáticos	4	A-B, E-F	2, 5, 6, 13	20 minutos	0,67
		2	Limpieza frotador positivo	4	A-B, E-F	6	15 minutos	0,5
		3	Puente motor: Quitar tapas + relleno + limpieza	2	A-B	7	60 minutos	2,00
		4	Aspirado unidades CVS	2	A-B	4	15 minutos	0,50
		5	Pruebas de salida	2	A-B	Salida, salida 1, Aux.	15 minutos	0,50
2	C-D	0	Vandalismo	2	C-D	Entrada2, 11, 14, 15	25 minutos	0,83
		1	Frot neg./Comp/Vis + Exudaciones	2	C-D	8, 9, 10, 2, 7	35 minutos	1,17
		2	Limpieza + Engrase Semibarra	2	C-D	12	55 minutos	1,83
		3	Control y corrección de presiones	2	C-D	3, 3.1, 3.2	35 minutos	1,17
3	E-F	0	Iluminación cabina salón	2	E-F	Entrada2	25 minutos	0,83

1	Quita obstáculo/ Frot.Pos/ Zapatas/ Amort. vertical + Desmontar tapa válvula neumáticos	4	A-B, E-F	2, 5, 6, 13	20 minutos	0,67
2	Limpieza frotador positivo	4	A-B, E-F	6	15 minutos	0,5
3	Desmontar tapas de conjunto ventilación y tapas resorte gangway	2	E-F	N.A	25 minutos	0,83
4	Limpieza y armado tapas de ventilación gangway	2	E-F	1-14	45 minutos	1,50
5	Caja fusible: Medición estado de caja fusible	2	E-F	1	5 Minutos	0,17
6	Poner tapa válvula neumático	2	E-F	N.A	15 minutos	0,50

Fuente: Elaboración propia

Fruto de este trabajo se ha conseguido el objetivo de generar una propuesta de valor a los procesos de mantenimiento que busquen optimizar tiempos, cargas de trabajo y desplazamientos.

Mediante la herramienta de *estandarización* se ha logrado establecer y definir en este ítem:

a) Tiempos de trabajo de todas las actividades de IS
b) Formas de Desplazamiento de todas las actividades de IS
c) Distribución de carga más eficiente y equitativa entre los técnicos.

En esta propuesta se consiguió una disminución de tiempos de mantenimiento en el 85% de las actividades totales de Inspección de Seguridad (IS).

Así mismo, se jerarquizó las tareas que más carga laboral tenían y se enfocó en aminorarlas mediante:

- Agregar más técnicos a las tareas mediante su redistribución
- Incorporación de elementos extras (herramientas, machinas u otros) que faciliten las actividades
- Distribución equitativa de HH

Con respecto a la distribución de Horas Hombre, se ha pasado de una etapa en donde estas no estaban claras, a una en donde se han establecido sus valores, generando una distribución más equitativa como se muestra a continuación:

Tabla 105. Distribución de HH fruto de la propuesta de valor para mantenimientos IS

Cantidad de HH		
Grupo A-B	Grupo C-D	Grupo E-F
5	5	5

Fuente: Elaboración propia

Es así que como resultado de este trabajo se prevé una reducción del orden del 20% de HH en mantenimientos IS, mayoritariamente fruto del reordenamiento de las actividades.

También se logró generar una disminución en la cantidad de sentadillas que son realizadas por cada técnico, pasando de:

Actividad	Cantidad de sentadillas Técnico 1	Cantidad de sentadillas Técnico 2	Cantidad sentadillas técnico 3
Control y corrección de presión neumático	40	40	-
Desmontar tapa válvula neumático	40	40	-
Poner tapa válvula neumático	40	40	-
Medición Zapata/frot positivo/ Amort. Vertical	-	-	24
Total	**120**	**120**	**24**

A la propuesta de valor, que queda como se presenta a continuación:

Actividad	Cantidad de sentadillas Técnico A	Cantidad de sentadillas Técnico B	Cantidad de sentadillas Técnico C	Cantidad de sentadillas Técnico D	Cantidad de sentadillas Técnico E	Cantidad de sentadillas Técnico F
Control y corrección de presión neumático	-	-	20	20	20	20
Desmontar tapa válvula neumático	20	20	-	-	20	20
Poner tapa válvula neumático	-	-	20	20	20	20
Total	**20**	**20**	**40**	**40**	**60**	**60**

Generando una mejor ergonomía y condiciones de trabajo para las personas que realicen los mantenimientos de Inspección de Seguridad IS.

En la *Ilustración 84* se presenta la "*task secuence*" y una simulación de trabajo, en caso que la propuesta de valor fuese implementada:

Nivel	Actividad	Cantidad perso	Lead time (Min)	HH [Min
0	Pruebas de entrada	6	25	150
0	Quita obstáculo + van	"	"	"
0	Iluminación cabina sa	"	"	"
1	Frot.Pos/ Zapatas/ Arr	4	20	80
1	"	"	"	"
1	Frot.Neg/Comp/Visual	2	35	70
2	Limpieza frotador posi	4	15	60
2	"	"	"	"
2	Limpieza + Engrase se	2	55	110
3	Puente motor: Quitar t	2	60	120
3	Caja fusible: Medición	2	5	10
3	Desmontar tapas de c	2	25	50
4	Aspirado unidades CV	2	15	30
4	Poner tapa válvula ne	2	15	30
4	Limpieza y armado tap	2	45	90
5	Control y corrección d	2	35	70
5	Pruebas de salida	2	15	30

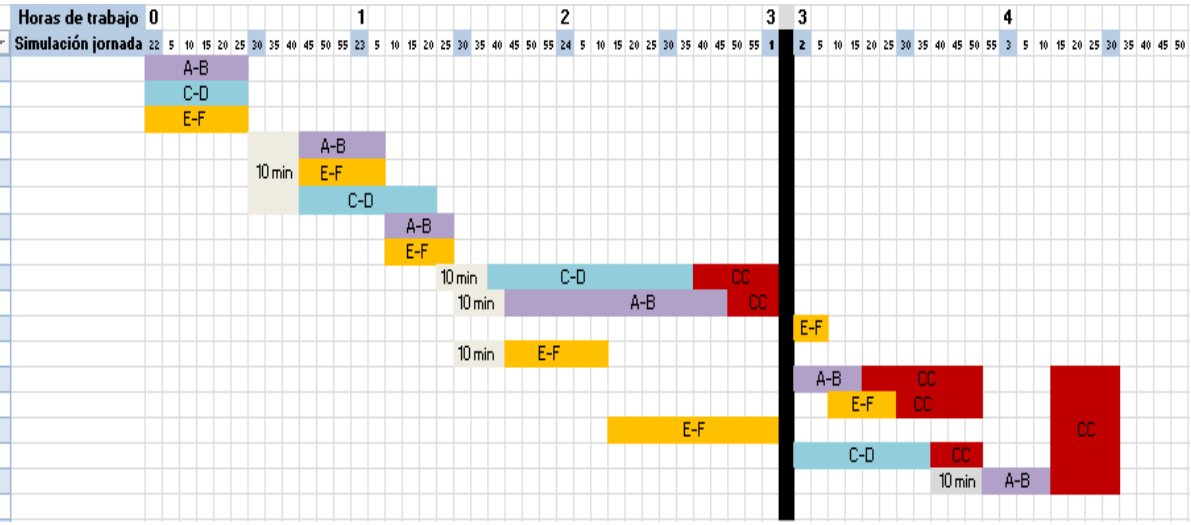

Ilustración 84. Simulación de trabajo según propuesta de valor

Fuente: Elaboración propia

En donde se observa que además de contemplar los tiempos de las actividades que ya se han definido, se ha tenido en consideración:

- Tiempos muertos entre actividades: Se generan cuando se pasa de una actividad a otra actividad distinta, que conlleva cambio de ubicación, cambio de materiales, o cambio de implementos personales.
- Cambios Correctivos: Se ha considerado tiempos para cambios correctivos. Según lo descrito en el *ítem II: Análisis de tiempo de mantenimiento* y considerando que el 93% de estos se encuentra en un rango de 0 – 4 HH, se ha decidido contemplar el caso más desfavorable. Las 4 HH se encuentran distribuidas como se muestra en la *ilustración 44* y su incidencia puede hacer variar la duración del mantenimiento, prologándose hasta las 4:30 horas de trabajo (27 HH) como máximo.

Es de consideración que las secuencias de trabajo se han ordenado para corregir el *tiempo muerto* descrito en el ítem *II) Análisis de tiempo de mantenimiento*, provocado –según los técnicos- porque:

- Una vez completada casi todas las actividades y cuando solo falta realizar las pruebas de salida, personal de aseo externo debe limpiar el interior del tren, antes de ser entregado a Metro Santiago.

Y en donde se observó que esta situación fue causada porque las actividades de mantenimiento que se realizan al interior del tren por parte de los técnicos Alstom, son hechas en la última parte de la jornada.

Para evitarlo, se ha decidido ubicar todas las actividades que involucren estar dentro del tren, en la primera parte de la jornada laboral, así se podrá avisar con la debida antelación al personal del aseo externo.

Por último, para que este plan se pueda implementar es indispensable contar con los siguientes elementos adicionales:

Elemento	Uso	Cantidad actual	Cantidad requerida
Machina tapa puentes motores	Quitar la tapa de los puentes motores	1	**2**
Aspiradoras personales	Realizar el aspirado de forma más rápida y ergonómica en las unidades CVS	0	**2**
Destornillado eléctrico	Quitar/ poner tapas de conjuntos ventilación	1	**2**

Además de realizar la actualización correspondiente de las fichas de trabajo de acuerdo a la nueva propuesta de valor y sus respetivos grupos de trabajo. Posteriormente también será necesario, efectuar la capacitación a los técnicos en la nueva forma de afrontar las actividades de mantenimiento de Inspección de seguridad.

IV. Conclusiones

Como resultado de la información recopilada y analizada se da cuenta de los cumplimientos de los objetivos:

Se generó la detección de problemas en el proceso de mantenimiento. Esta fue realizada visualmente mediante visitas reiteradas al taller y mediante una encuesta realizada a los técnicos de mantenimiento preventivo. La detección de problemas en conjunto con su respectiva jerarquización, expuso una necesidad de estandarización y mejora de procedimientos internos. En la fase de industrialización en que se encuentra el Taller Lo Ovalle, la incidencia en la duración y calidad del mantenimiento no pasa por la cantidad de técnicos, los cambios correctivos, o el número de coches que pueda traer un tren. Más bien, darle valor agregado a los procesos de mantenimiento acontece por generar mejoras mediante la herramienta de mejora continua, denominada e*standarización.*

Al realizar un análisis exhaustivo de los procesos, se dio cuenta de hallazgos y brechas frecuentes en la literatura como son las *mudas* o desperdicios [7], predominando:

> *Procesos innecesarios*: Al no estar implementada la ficha de operación estándar, las cargas de trabajo no son distribuidas equilibradamente, las fichas de trabajo no han sido actualizadas, los técnicos no tienen claridad respecto a una secuencia de trabajo, existen procesos que son prescindibles, etc.

La propuesta de valor generada en este informe, busca corregir dichos efectos, atacando directamente la causa raíz de dichas consecuencias: La necesidad de estandarización y su implementación.

Con la propuesta de estandarización, se espera lograr una reducción de un 21% en las Horas hombres para mantenimiento de Inspección de seguridad IS, considerando la misma cantidad de técnicos que operan actualmente. Esto supondría bajar el promedio de 34 HH a 27 HH. Así mismo, se espera reducir la variabilidad de 7 HH a

menos de la mitad, quedando en 3 HH. En síntesis, la situación actual versus la esperada se muestra a continuación:

HH de MTTO IS actual	HH de MTTO Propuesta de valor
34 ± 7 HH	27 ± 3 HH

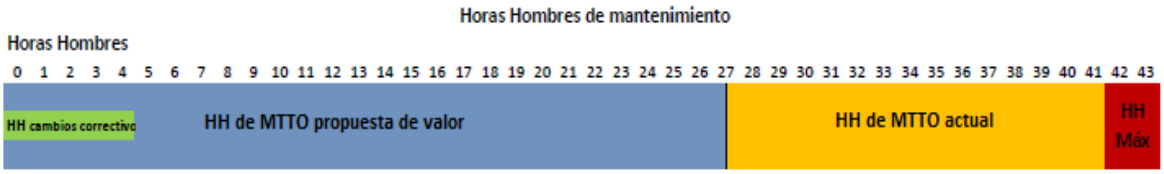

Ilustración 85. Horas hombres propuesta de valor vs situación actual

Fuente: Elaboración propia

1. *Alcance económico*

Teniendo en cuenta que cada tren recorre anualmente en promedio 160.000[Km] y que el mantenimiento de IS es realizado cada 10.000 [Km] [15] se tiene:

$$\frac{160.000}{10.000} = 16\ Mantenimientos\ IS\ por\ c/tren$$

$$16\ Mttos\ IS \times 11\ trenes = 176\ Mantenimientos[\frac{IS}{año}]$$

Si se tiene en cuenta que el valor HH en Taller Lo Ovalle tiene un valor de $8805 pesos [16], la disminución en términos económicos que significaría pasar de 34 HH a 27 HH supone un ahorro de al menos $10.847.760 pesos anuales. Considerando que los contratos de mantenimiento se hacen por 5 años, el ahorro podría llegar hasta $54.238.800

2. *Alcances en la aplicación.*

Sin embargo existen otras variables de consideración que a primera vista no son tan fáciles de medir, pero pueden traer beneficios importantes de igual forma:

a) Mayor tiempo disponible para mantenimiento: Al implementar el plan actual de trabajo, quedarían del orden de 16 HH disponibles por jornada laboral, eso

significa en términos de *lead time* 2:30 horas extra libres. Estas horas "ganadas" pueden ser aprovechadas de diversas formas, entre las que se cuentan: realizar trabajos adicionales al tren, realizar adelantos de trabajo de mantenimiento al tren, ingresar otro tren adicional durante la noche, etc.

b) Mejor distribución del personal: El plan de mantenimiento propuesto considera una reducción de 34 HH a 27 HH. Pero además propone pasar de 7 técnicos (incluido supervisor el cual realiza actividades de técnico) a 6. Adicionalmente este plan consideró destinar al supervisor a labores exclusivas de control. Esto fue posible mediante la secuenciación y distribución adecuada de las actividades.

c) Disminución de retrasos en mantenimiento: Se entiende como retraso en el mantenimiento, todas aquellas actividades planificadas que no lograron ser realizadas durante la jornada laboral. Para poder completarlas, por lo general se necesita que el tren sea reingresado nuevamente. En el peor de los casos, esta situación puede traer perjuicio económico como multas, así como una merma en la percepción del cliente por el servicio otorgado.
Debido a esto, si se tiene en cuenta que al año son realizados 176 mantenimientos de IS al material rodante y se genera el ahorro mencionado de 16 HH, esto se traduce en:

$$Ahorro\ anual\ de\ HH = 176\ mantenimientos\ x\ 16\ HH = 2816\ HH$$

Y si consideramos que una IS se ha definido como 27 HH, entonces se tiene:

$$Ahorro\ anual\ en\ jornadas\ de\ trabajo = \frac{2816\ HH}{27\ HH} = 104\ Jornadas$$

Por lo tanto este plan de trabajo, esperar lograr generar hasta 104 jornadas de trabajo adicionales, lo que significaría directamente una disminución en los retrasos de mantenimiento, menor posibilidad de multas y por ende una mejor percepción del cliente.

d) Mejora en calidad de mantenimiento: La calidad del mantenimiento experimentará una mejora, en primer lugar producto de la distribución equilibrada de cargas de trabajo, hace que los técnicos se cansen menos y tengan condiciones de mayor ergonomía fomentando una mayor atención en el trabajo que desempeñan. En segundo lugar, está claramente establecido qué

y cómo deben realizarlo, disminuyendo las dudas que se puedan generar o que se recurra a la experiencia.

e) Mejora en confiabilidad del tren y disminución en tasa de averías: Al mejorar la calidad del mantenimiento preventivo, indirectamente se mejora la confiabilidad del tren. Esto porque el mantenimiento será realizado de una forma estandarizada, facilitando su prolijidad, provocando que este sea más minucioso. Esto en un período prolongado, puede mejorar la vida útil de algunos elementos y por ende disminuir la tasa de averías.

f) Percepción del cliente: Se genera una mejor percepción del cliente al disminuir la tasa de averías, mejorar la calidad del mantenimiento y en la mejora de los procesos de mantenimiento.

g) Mejor ergonomía del personal: Se genera una mejora importante en la distribución de carga laboral, desplazamientos y ergonomías en el lugar de trabajo. Estos beneficios incluyen un aumento de productividad y un mejor clima laboral.

Por último se ha concluido que establecer y definir los tiempos de duración de las actividades, la forma de desplazarse, la secuencia de las actividades, generar una correcta distribución de la carga laboral y contar con los elementos adecuados (instrumentos, herramientas, insumos, etc.) puede elevar de forma importante la productividad, calidad del mantenimiento y disminuir costos, siendo provechoso tanto para la imagen de la compañía como para la percepción del cliente.

Como comentario aparte y personal del suscrito, respecto a la formación profesional otorgada por la U.T.F.S.M se destaca que las habilidades técnicas que otorga la carrera en general, permiten tener un desempeño sólido, competente e incluso destacado en el competitivo mundo laboral. Concluir todos los ramos de la malla curricular se traduce directamente en la capacidad de manejar un abanico de herramientas que hace destacar el perfil técnico de los formados por esta casa de estudios. Durante la iniciación en este mundo, aparece una confianza de lo aprehendido a lo largo de este proceso tanto como la capacidad de aprender nuevos conceptos o conocimientos. Y es así también que existe una confianza para hacer frente a las dificultades (y del cual los alumnos deben saber bien): tolerar el fracaso, ser resiliente, o trabajar bajo presión.

Sin embargo y mientras se trabajaba con egresados de la U.T.F.S.M, se notó una carencia en las "*habilidades blandas"* que ha estado en constante discusión tanto dentro del mundo universitario como fuera de él: es frecuente oír que "*los sansanos solo son buenos para calcular*", que no tienen empatía, carecen de trabajo en equipo, sus habilidades comunicativas son deficientes, ausencia de liderazgo e incluso habilidades más básicas como descuidar la presentación personal. Por lo tanto es ahí, donde debe estar el foco para generar mejoras en futuros alumnos: potenciar la confianza, la comunicación entre pares, aprender a exponer en público. Para ello la trasmisión de experiencia y conocimiento pragmático del mundo laboral por parte de los profesores puede resultar fundamental.

V. Bibliografía

[1] P. Hines, M. Holweg and N. Rich, "Learning to envolve A review of contemporary lean thinking," *International Journal of Operations & Production Management,* vol. 24, no. 10, p. 1305, 2004.

[2] Alstom Chile S.A, "Mantenimiento NS2004 Aditivo N°4 a contrato de Mantenimiento," 2015.

[3] Alstom, "Activity and sustainable development report 2013/14," 2014.

[4] Alstom Chile S.A, "Unidades de transporte Alstom Chile," 2011.

[5] Alstom Chile S.A, "Corporate Communications Alstom Chile," 2013.

[6] J. P. Womack, D. T. Jones and D. Roos, The Machine that changed the world, New York: Macmillan, 1990.

[7] J. P. Womack and D. T. Jones, Lean Thinking, Nueva York: Free Press, 2003.

[8] J. C. Hernández Matías and A. Vizán Idolpe, Lean manufacturing, conceptos, técnicas e implementación, Madrid: Fundación EOI, 2013.

[9] F. G. Correa, "Manufactura Esbelta (Lean manufacturing). Principales herramientas," *Revista Panorama Administrativo,* vol. 1, no. 2, p. 14, 2007.

[10] Alstom Transporte LTDA., Manual de operación del tren NS04, Santiago, 2010.

[11] Metro S.A, "Programa de mantenimiento del tren," 2010.

[12] Alstom Chile S.A, "Planificación mantenimientos 18 meses.xlsx," 2015.

[13] Nunnally and Bernstein, Psychometric Theory, Tercera ed., EE.UU: McGRAW-HILL, 1994, p. 752.

[14] H. Gutiérrez Pulido and R. de la Vara Salazar, Control estadístico de calidad y seis sigma, México, D. F.: Mcgraw-Hill, 2009.

[15] Alstom Chile S.A, "Kilometraje sincronizado con Metro 2015 NS04 2.0.xlsx," Santiago, 2015.

[16] Alstom Chile S.A, "Costos Taller Lo Ovalle," 2014-2015.

VI. Anexos

Tabla 106. Puntuación creciente preguntas evaluadas ítems I) Área de trabajo

N°	Pregunta	Puntaje	Subítem
1	6. Si una herramienta falta, con frecuencia es reemplazada por otra con rapidez	0,57	2. Herramientas
4	1. Cuento con las herramientas adecuadas para realizar mi trabajo	1,14	2. Herramientas
2	2. Tengo claro cuánta gente debe hacer cada tarea de mantenimiento	1,14	1. Procedimientos
3	3. Los actuales procedimientos internos facilitan la ejecución de las tareas	1,14	1. Procedimientos
5	2. Las herramientas se encuentran cercanas a mi lugar de trabajo	1,43	2. Herramientas
6	3. Las herramientas están ordenadas en su lugar de almacenaje	1,43	2. Herramientas
7	2. Los instrumentos se encuentran cercanos a mi lugar de trabajo	1,43	3. Instrumentos
8	1. Tengo buenas condiciones ambientales de aseo para realizar mi trabajo	1,43	4. Condiciones ambientales y entorno
9	3. Tengo buenas condiciones de temperatura para realizar mi trabajo	1,43	4. Condiciones ambientales y entorno
10	5. Estoy conforme con la limpieza, higiene y salubridad en mi trabajo	1,43	4. Condiciones ambientales y entorno
11	3. Siempre se dónde encontrar el instrumento que necesito	1,57	3. Instrumentos
12	2. Tengo buenas condiciones de iluminación para realizar mi trabajo	1,57	4. Condiciones ambientales y entorno
13	5. Las cargas de trabajo son distribuidas equilibradamente entre mis compañeros de trabajo	1,71	1. Procedimientos
15	1. Cuento con los instrumentos adecuados para realizar mi trabajo	1,71	3. Instrumentos
14	7. Siempre se dónde encontrar la herramienta que necesito	1,71	2. Herramientas
18	4. Tengo buenas condiciones de ventilación para realizar mi trabajo	2,14	4. Condiciones ambientales y entorno
16	5. El almacenaje y posición de las herramientas retrasa su utilización	2,14	2. Herramientas
17	8. Las herramientas y equipos que utilizo son mantenidos de forma adecuada	2,14	2. Herramientas
19	4. Con frecuencia olvido realizar el marcaje	2,29	5. Sistema de marcaje
20	1. Tengo claro los procedimientos que debo seguir para el mantenimiento	2,43	1. Procedimientos
21	6. Tengo acceso rápido a la información de las fichas de trabajo	2,43	1. Procedimientos
22	2. El sistema de marcaje es amigable	2,43	5. Sistema de marcaje
24	3. El sistema de marcaje contribuye a mis labores	2,57	5. Sistema de marcaje
23	4. Siempre sé que herramienta utilizar para cada tipo de trabajo	2,57	2. Herramientas
25	4. Tengo conocimiento de la fichas de trabajo para cada tipo de mantenimiento	2,71	1. Procedimientos
26	1. Conozco la utilidad del sistema de marcaje	2,86	5. Sistema de marcaje

27	4. Tengo fácil acceso a las fechas de calibración de los instrumentos	3,00	3. Instrumentos

Fuente: Elaboración propia

Tabla 107. Puntuación creciente preguntas evaluadas ítem II) Clima organizacional

N°	Pregunta	Puntaje	Subítem
1	6. En mi equipo existe la cantidad de trabajadores adecuada para la carga de trabajo habitual	0,00	5 Carga de trabajo
2	2. Mis compañeros de turno correctivo guardan las herramientas donde es debido	0,29	1 Cohesión
3	5. Considero que mi salario se corresponde al trabajo realizado	0,43	3 Satisfacción-Motivación
4	1. La administración superior (jefes de área y gerentes) tiene claro hacia dónde va Alstom y nos guían adecuadamente	0,57	8 Visión administración superior
5	3. La administración superior (jefes de área y gerentes) informa al personal sobre los planes y proyectos oportunamente	0,57	8 Visión administración superior
6	5. La empresa valora a los empleados que se capacitan	0,71	6 Capacitación
7	4 La administración superior (jefes de área y gerentes) conoce la realidad laboral de las diferentes secciones	0,71	8 Visión administración superior
8	7. Considero que los recursos que mi sección dispone son suficientes	0,86	5 Carga de trabajo
9	2. Pienso que Alstom ofrece suficientes programas de capacitación	0,86	6 Capacitación
10	3. Alstom en los procesos de selección de nuevos funcionarios recluta a las personas más adecuadas	0,86	7 Desarrollo
11	4. Existe oportunidades para cambiarme a otros cargos o áreas de trabajo que sean más interesantes para mí al interior de Alstom	1,14	7 Desarrollo
12	2. La administración superior (jefes de área y gerentes) es capaz de enfrentar con éxito los desafíos que tiene Alstom	1,29	8 Visión administración superior
13	10. Me siento conforme con el clima laboral de la Empresa	1,43	1 Cohesión
14	9. La cantidad de trabajo es equivalente para todos los trabajadores de mi sección	1,43	5 Carga de trabajo
15	4. La carga de trabajo está bien distribuida	1,57	2 Presión Laboral
16	2. Recibo en forma oportuna la información que requiero para mi trabajo	1,57	5 Carga de trabajo
17	1. La capacitación que he recibido es acorde los requerimientos de mi cargo y trabajo	1,57	6 Capacitación
18	6. Me sentiría cómodo trabajando en el turno correctivo	1,71	1 Cohesión
19	3. La capacitación que entrega Alstom es de buena calidad	1,86	6 Capacitación
20	2. En mi lugar de trabajo, tengo la estabilidad suficiente para proyectarme trabajando aquí por al menos los próximos 5 años	1,86	7 Desarrollo
21	1. El cliente recibe el servicio de mantenimiento adecuado	2,00	5 Carga de trabajo
22	4. La capacitación mejora la forma en que hago el trabajo	2,00	6 Capacitación
23	7. La inducción que recibí al ingresar a mi puesto de trabajo me facilitó el trabajo	2,00	6 Capacitación
24	1. Tengo mucho trabajo y poco tiempo para realizarlo	2,14	2 Presión Laboral

25	8. Habitualmente puedo terminar todo lo que tengo que hacer dentro de mi horario normal de trabajo	2,14	5 Carga de trabajo
26	3. Me siento orgulloso de trabajar en Alstom	2,29	4 Adhesión
27	4. En mi sección, la mayoría de los trabajadores con los que me relaciono están comprometido con Alstom	2,29	4 Adhesión
28	1. En mi lugar de trabajo tengo la estabilidad laboral suficiente para desempeñar bien mi labor	2,29	7 Desarrollo
29	8. Mis compañeros trabajan de manera eficiente	2,43	1 Cohesión
30	3. Debo hacer un esfuerzo adicional para realizar el trabajo	2,43	2 Presión Laboral
31	1. Considero que el trabajo que realizo es relevante para el logro de los objetivos de mi unidad de trabajo	2,43	3 Satisfacción-Motivación
32	3. Las personas que trabajan en mi sección muestran interés en lo que realizan	2,43	3 Satisfacción-Motivación
33	3. Recibo las instrucciones necesarias para desempeñar correctamente mi trabajo	2,43	5 Carga de trabajo
34	5. Siempre sabemos las tareas diarias que debemos desempeñar	2,43	5 Carga de trabajo
35	9. Puedo confiar en el trabajo de mis compañeros	2,57	1 Cohesión
36	4. Si tengo dudas sé dónde solicitar información	2,57	5 Carga de trabajo
37	2. Me gusta trabajar en mi sección	2,71	3 Satisfacción-Motivación
38	1. Me gusta trabajar en Alstom porque el trabajo que se realiza contribuye de manera concreta al país	2,71	4 Adhesión
39	3. Mis compañeros de turno preventivo guardan las herramientas donde es debido	2,86	1 Cohesión
40	2. Los trabajadores de mi sección se esfuerzan por realizar un trabajo bien hecho	2,86	4 Adhesión
41	6. Falta capacitación para los trabajadores	2,86	6 Capacitación
42	5. Me siento cómodo con el clima de trabajo en mi turno	3,00	1 Cohesión
43	7. Me siento cómodo trabajando con otro compañero	3,00	1 Cohesión
44	2. Siento estrés debido a la carga laboral	3,00	2 Presión Laboral
45	4. Estoy satisfecho con mi trayectoria en la empresa	3,00	3 Satisfacción-Motivación
46	4. Con mis compañeros trabajamos de manera efectiva	3,14	1 Cohesión
47	1. Puedo pedir ayuda a mis compañeros si lo necesito	3,29	1 Cohesión

Fuente: Elaboración propia

Tabla 108. Plan de acción generado desde la encuesta realizada

Clasificación	Problema detectado	Acción
Herramientas	1. Inventario desactualizado de herramientas	a) Realizar inventario de herramientas y adquirir repuestos si es necesario. Establecer plan de actualización periódica.
	2. Se desconoce qué herramientas son críticas y requieren repuesto	b) Definir un kit de herramientas de uso común y personales
	3. Herramientas no se encuentran ordenadas ni disponibles en el lugar de trabajo	c) Aplicar carro, para herramientas comunes y DSM , además de identificar herramientas personales.
	4. Constantemente existe pérdida de herramientas	
	5. Hay excesivo desplazamiento de los trabajadores para encontrar las herramientas	
Machinas	6. Inventario desactualizado de machinas	d) Realizar listado de machinas existentes y faltantes
	7. Se desconoce qué machinas son críticas y requieren repuesto	e) Normalizar machinas (pasar a CAD)
Instrumentos	8. Trabajadores señalan no contar con todos los instrumentos adecuados para realizar su trabajo	f) Realizar inventario de instrumentos existentes y faltantes
	9. Hay instrumentos que actualmente no tienen reemplazo inmediato	
	10. Hay excesivo desplazamiento de los trabajadores para encontrar los instrumentos	g) Habilitación de carro para DSM y control de equipos
	11. No existe un lugar fijo para dejar los instrumentos	• Comentario: Preparación de material y equipos a utilizar
Procedimientos	13. Ficha de operación estándar no actualizada	h) Actualizar ficha de operación estándar teniendo en cuenta: · Cargas de trabajo distribuidas equilibradamente
	14. Los técnicos no siguen la secuencia en la Standar Operation	

	15. Las cargas de trabajo no son distribuidas equilibradamente entre el grupo de técnicos	· Tiempos por tareas · Cantidad de herramientas y machinas requeridas · Número de personas · Forma en que se realiza el trabajo actualmente
Fichas de trabajo* ***nota: Para iniciar esta tarea, se debe tener finalizado la hoja de operación estándar**	16. Fichas de trabajo no se encuentran actualizadas	i) Actualizar la ficha de mantenimiento IS
	17. Fichas de trabajo carecen de una secuencia que facilite la distribución de tareas de mantenimiento para los técnicos	
	18. El diseño de la ficha de trabajo está sobrecargada, dificultando su legibilidad.	
	19. Existen tareas en el mantenimiento que deben ser actualizadas	
Bodega	20. Falta de materiales (missing parts) son reportados, sin embargo la información no es correctamente recibida, demorando la sustitución de estos elementos.	j) Estudiar causa de falta de materiales
		k) Generar plan de acción
Comunicación	21. Los técnicos tienen mala percepción de la administración superior	m) Profundizar la encuesta, Visión de administración superior.

Fuente: Elaboración propia