

**“DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE ALGUNAS MÉTRICAS DE
MANUFACTURA CON UNA INTERVENCIÓN 5S EN UNA PYME DEL SECTOR
METALMECÁNICO. UN ESTUDIO DE CASO”**

ROLANDO CERMEÑO ROLDÁN
LUCÍA EMPERATRIZ DÍAZ ZARAZA
JOSÉ GABRIEL SANMIGUEL CUBILLOS

UNAB- ITESM
MAESTRÍA EN ADMINISTRACIÓN
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN
2006

**“DETERMINACIÓN DE LA RELACIÓN DE ALGUNAS MÉTRICAS DE
MANUFACTURA CON UNA INTERVENCIÓN 5S EN UNA PYME DEL SECTOR
METALMECÁNICO. UN ESTUDIO DE CASO”**

ROLANDO CERMEÑO ROLDÁN
LUCÍA EMPERATRIZ DÍAZ ZARAZA
JOSÉ GABRIEL SANMIGUEL CUBILLOS

Trabajo Presentado como requisito parcial para obtener el título de
MAGISTER EN ADMINISTRACIÓN

Director:
ING. M Sc. GERMAN DARÍO LEURO CASAS

Asesor:
MG. CLAUDIA JULIANA ORDOÑEZ

UNAB- ITESM
MAESTRIA EN ADMINISTRACIÓN
SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN
2006

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, noviembre 15 de 2006

A mi abuela Cande por dejarme soñar despierto. A mi madre por enseñarme a trabajar con pasión para alcanzar las metas. A mis hermanos, primos y amigos por darle sabor a mi vida. A Elizabeth por irradiarme con su brillo y ser la energía que me alienta a ser cada día una mejor persona.

Rolando

A Dios, quien me iluminó y me inspiró para que todo lo que me he propuesto se realice de la mejor manera.

A mi papá por protegerme, estés donde estés. Aun sigo aprendiendo y admirando tu calidad humana y liderazgo empresarial. A mi mamá, por darme su cariño, paciencia, consejos y valor para seguir adelante. A mis hermosos hijos, mi soporte en el presente y esperanza en el futuro. A mis hermanos, quienes a pesar de la distancia geográfica, siempre me han dado su apoyo.

Lucía Emperatriz

Al creador del universo principio y fin que alienta nuestros proyectos de vida. A mis padres, a mi hermano Carlos, incondicional soporte; a Gustavo, Julio, Rocío y mi querida esposa que con su incondicional apoyo motivaron la culminación de este peldaño de mejoramiento intelectual y profesional.

José Gabriel

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a las siguientes personas:

A la Magistra Claudia Juliana Ordóñez y al equipo directivo de la organización manufacturera que generosamente abrió sus puertas para la realización de esta experiencia.

Al ingeniero Msc. Germán Darío Leuro Casas, docente de la Facultad de Administración de la UNAB, por sus aportes y conducción acertada de la investigación, procurando siempre obtener de sus dirigidos el mejor esfuerzo y resultados en bien de la calidad de la investigación.

Al personal administrativo y demás docentes de la maestría tanto en la UNAB como en el Tecnológico de Monterrey.

Al señor Claudio Edgar Anaya, corrector de forma y estilo de este documento.

RESUMEN

El propósito del estudio era determinar cómo ciertas medidas de manufactura (calidad, productividad, tiempo de ciclo) se correlacionaban con una intervención 5S dentro de una organización PYME manufacturera tradicional basada en el proceso y evidenciar también, el comportamiento en el corto plazo de las métricas seleccionadas en la presencia de dicha intervención. Con el término 5S se conoce a la estrategia que representan acciones basadas en principios expresados con cinco palabras japonesas que comienza por S. Cada palabra tiene un significado importante para la creación de un lugar digno y seguro dónde trabajar. Estas palabras japonesas son: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke. Este concepto no debería resultar nada nuevo para ninguna empresa, pero infortunadamente si lo es. El movimiento de las 5S es una concepción ligada a la orientación hacia la calidad total que se originó en el Japón bajo la orientación de W. E. Deming, hace mas de 40 años y que está incluida dentro de lo que se conoce como mejoramiento continuo y más ampliamente como parte esencial de las estrategias que están empleando las empresas de manufactura para ser competitivas y que en conjunto se conocen como “Manufactura Esbelta”. Los investigadores encontraron que no existen en el medio estudios que evidencien cuantitativamente si las intervenciones 5S resultan en mejoras en las métricas de productividad, calidad y tiempo de ciclo. Para tal efecto se aplicó un análisis de correlación, usando datos existentes derivados de un periodo de 9 meses del departamento de producción en la factoría, tomado como piloto para el estudio. El tratamiento incluyó una evaluación inicial 5S, entrenamiento 5S e implementación de programas 5S en el área piloto, monitoreo de la evolución mediante auditorías realizadas por los propios investigadores y posteriormente se aplicaron test estadísticos adecuados para probar las hipótesis que se formularon los investigadores respecto a las relaciones de las métricas de productividad, calidad,

tiempo de ciclo ante una intervención con los principios 5S, y la medición de los cambios experimentados en el corto plazo sobre dichas métricas evidenciadas por una prueba no paramétrica como es la de de Mann Whitney.

Los resultados evidencian que los registros 5S se incrementaron en forma constante a partir de su implantación y que, tal como lo esperaban los investigadores, se presenta una relación positiva entre las métricas obtenidas para productividad y que en el caso del tiempo de ciclo, mostró una disminución en la medida que los registros 5S mejoraban, siendo consistente con lo que insinúan las teorías analizadas. En cuanto a la calidad, su correlación es más débil en razón a la circunstancia particular que la organización ya había experimentado mejoras en esta métrica gracias a la adopción previa de la norma ISO 9001.

Los hallazgos en conjunto para el caso sugieren que las 5S pueden tener un efecto benéfico en el comportamiento de las métricas de productividad y algo más atenuado respecto a la calidad (en razón a que el programa ISO 9001 había iniciado antes, mejorando los índices previos a la intervención 5S). Lo que sugiere que su implementación en un programa coherente, dedicado y sostenido en el tiempo, puede resultar en mejoras en la productividad, calidad, y tiempo de ciclo lo cual se traduce en mayores beneficios para la organización.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. MARCO TEÓRICO	8
1.1 LAS 5S EN EL CONTEXTO DE LA MANUFACTURA ESBELTA	8
1.1.1 ¿Qué es la Manufactura Esbelta?	8
1.1.2 Herramientas y técnicas principales en la Manufactura Esbelta	13
1.2 LOS PRINCIPIOS 5S	21
1.2.1 Las 5S: usos y beneficios	29
1.3 RELACIÓN DE LOS PRINCIPIOS 5S Y LA PRODUCTIVIDAD	34
1.4 RELACIÓN DE LOS PRINCIPIOS 5S Y LA CALIDAD	36
1.5 RELACIÓN DE LOS PRINCIPIOS 5S Y EL TIEMPO DE CICLO	43
1.6 BASES ESTADÍSTICAS PARA EL ESTUDIO DE LAS HIPÓTESIS	46
1.6.1 Teoría de la correlación	46
1.6.2 Diagrama de dispersión	46
1.6.3 Coeficiente de Correlación de Pearson	47
1.6.4 Coeficiente de Correlación de los Rangos de Spearman	49
1.6.5 Prueba de hipótesis	52
1.6.5.1 Pruebas de una cola y de dos colas	52
1.6.5.2 Conceptos de pruebas de hipótesis	53
1.6.5.3 Pruebas paramétricas	54
1.6.5.4 Pruebas no paramétricas	55
1.6.6 Prueba de significancia del coeficiente de correlación	56
1.6.7 Prueba U de Mann Whitney para comparar dos poblaciones	57
1.7 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIONES Y TRABAJOS RECIENTES	59
1.8 MARCO REFERENCIAL, ORGANIZACIÓN $\alpha\beta$ S.A.	62

1.8.1	Tipo de producción	64
1.8.2	Procesos	64
1.8.3	Productos	65
1.8.4	Algunas cifras del sector	66
1.9	ELEMENTOS Y VALIDEZ DE UN ESTUDIO DE CASO	66
1.9.1	Fases de un estudio de caso	68
1.9.2	Diseño de estudios de caso	69
1.9.3	El papel de la teoría en el estudio de caso	69
1.9.4	Concepto e importancia de validez	70
2.	METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	72
2.1	DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	72
2.2	UNIDAD PRIMARIA DE ANÁLISIS	75
2.3	TRATAMIENTO	75
2.4	VARIABLES Y METRICAS	80
2.4.1	Métrica para evaluar nivel 5S	80
2.4.2	Métrica para tiempo de ciclo	81
2.4.3	Métrica para calidad	82
2.4.4	Métrica para productividad	83
2.5	PRUEBAS ESTADÍSTICAS PARA HIPÓTESIS	84
2.5.1	Hipótesis para la relación 5S y productividad	86
2.5.2	Hipótesis para la relación 5S y calidad	86
2.5.3	Hipótesis para la relación 5S y tiempo de ciclo	86
2.5.4	Prueba estadística para detectar diferencias entre dos poblaciones antes y después de aplicarles un tratamiento (Test de Mann Whitney)	86
2.5.4.1	Definición	87
2.5.4.2	Suposiciones	87
2.5.4.3	Características	88
2.6	RECOLECCION DE DATOS	89
3.	RESULTADOS	91
3.1	RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS	91

3.1.1	Datos coleccionados para contraste de hipótesis	92
3.1.2	Datos coleccionados para verificación del comportamiento de cambios, de las métricas de manufactura, en el corto plazo	92
3.1.3	Comportamiento general ex post de las métricas 5S, productividad y calidad	93
3.1.4	Resultados de dispersión y correlación 5S vs. Calidad usando rho de Spearman	96
3.1.5	Resultados de dispersión y correlación para nivel 5S y productividad usando rho de Spearman	99
3.1.6	Resultados de dispersión y correlación para nivel 5S y tiempo de ciclo usando rho de Spearman	100
3.1.7	Resultados de la prueba de Mann Whitney	102
3.1.7.1	Resultados de la prueba de Mann Whitney para productividad	104
3.1.7.2	Resultados de la prueba de Mann Whitney para tiempo de ciclo	105
3.1.8	Resumen de resultados de aplicación de las pruebas de hipótesis	106
4.	CONCLUSIONES	107
4.1	COMPORTAMIENTO GENERAL DE LOS DATOS	107
4.2	CONCLUSION Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES	109
4.2.1	Subhipótesis referente a la correlación entre el nivel 5S y calidad	109
4.2.2	Subhipótesis referente a la correlación entre el nivel 5S y productividad	110
4.2.3	Subhipótesis referente a la correlación entre el nivel 5S y tiempo de ciclo	111
4.3	CONCLUSIONES PARA CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS A CORTO PLAZO	112
4.3.1	Cambios en la métrica de calidad	112
4.3.2	Cambios en la métrica de productividad	113
4.3.3	Cambios en la métrica de tiempo de ciclo	114
4.4	VALOR METODOLÓGICO DEL ESTUDIO	115
4.5	OTRAS CONCLUSIONES	116

5. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS	118
5.1 REFLEXIONES DEL ESTUDIO	118
5.2 RECOMENDACIONES	119
5.3 TRABAJOS FUTUROS	120
BIBLIOGRAFIA	122
ANEXOS	125

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Resumen, principios 5S	28
Tabla 2. Resultados en 50 empresas en programa Euskalit	33
Tabla 3. Productos y servicios empresa $\alpha\beta$ S.A.	65
Tabla 4. Tipos básicos de diseño para estudios de caso	69
Tabla 5. Resumen de registros para las métricas consideradas	92
Tabla 6. Datos ex ante y ex post para calidad, productividad y tiempo de ciclo	93
Tabla 7. Resultados para calidad y nivel 5S	97
Tabla 8. Resultados para productividad y nivel 5S	99
Tabla 9. Resultados para tiempo de ciclo y nivel 5S	101
Tabla 10. Datos para prueba de Mann Whitney	103
Tabla 11. Resultados prueba Mann Whitney para productividad	104
Tabla 12. Resumen de resultados pruebas estadísticas de hipótesis	105

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Mapa conceptual general para el estudio	2
Figura 2. Orígenes Manufactura Esbelta	10
Figura 3. House of gemba Management	31
Figura 4. Relación 5S con Manufactura Esbelta	34
Figura 5. Diagrama de dispersión	47
Figura 6. Plano general de $\alpha\beta$ S.A.	63
Figura 7. Metodología, intervención 5S	76
Figura 8. Tiempo de ciclo	81
Figura 9. Comportamiento de 5S, productividad y calidad	94
Figura 10. Comportamiento 5S y tiempo de ciclo	94
Figura 11. Una función $y=f(x)$ cóncava	95
Figura 12. Una gráfica función convexa	96
Figura 13. Diagrama de dispersión para las variables 5S vs. Calidad	97
Figura 14. Diagrama de dispersión para nivel 5S vs. Productividad	99
Figura 15. Diagrama de dispersión para 5S vs. Tiempo de ciclo	101

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Formato de evaluación nivel 5S	126
Anexo 2. Tabla test Mann Whitney	128
Anexo 3. Cronograma de actividades	129
Anexo 4. Pruebas paramétricas y su alternativa no paramétrica	130
Anexo 5. Metodologías sugeridas por diversos autores para implantar 5S	131
Anexo 6. Formato base información métrica de calidad (agregado mensual)	132
Anexo 7. Resultados de corridas software SPSS para las hipótesis	133

INTRODUCCIÓN

Las empresas de nuestra época están abocadas a enfrentar los retos que les impone la nueva economía. El nuevo modelo económico demanda que las organizaciones implementen estrategias, planes y programas que las lleven a un mejoramiento continuo de su nivel de productividad. Entendida la productividad como la relación entre la cantidad y calidad de bienes y servicios producidos, y la cantidad de recursos utilizados. A nivel de empresas manufactureras, la productividad evalúa la gestión de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y el talento humano.

La gestión de manufactura ha utilizado diversos enfoques para lograr optimizar los procesos conducentes a bajar costos y elevar productividad, uno de ellos es el concepto de la Manufactura Esbelta, definida como una práctica de manufactura que usa menos recursos comparado con la manufactura tradicional. Este concepto nació en Japón y fue concebido por los grandes expertos del Sistema de Producción Toyota: William E. Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo y Eijy Toyoda, entre otros.

La literatura considera los principios 5S como filosofía inmersa en el enfoque de Manufactura Esbelta. Estos principios son considerados una herramienta básica para desarrollar el TPM (*Total Productive Maintenance*), TQM (*Total Quality Management*), JIT (*Just in Time*), administración visual del taller, etc., ya que no es posible crear eficiencia y productividad dentro del desorden. El desorden y la suciedad representan un obstáculo y es factor de mayores costos. Las 5S se ocupan de reducirlos y evitarlos. Todo parte de una plataforma común, la creación de hábitos de limpieza, orden y organización.

En este contexto el propósito de este proyecto tiene dos vertientes: 1) Buscar una evidencia cuantitativa de la relación que puede existir entre la aplicación de los principios 5S de la Manufactura Esbelta en una empresa manufacturera tradicional, basada en el proceso y el comportamiento de 3 métricas críticas de manufactura: calidad, productividad y tiempo de ciclo. 2) Evidenciar cuantitativamente el comportamiento en el corto plazo de dichas métricas tras una intervención 5S; hallazgos que tendrán gran utilidad por dos razones básicas: i) Para motivar el uso y consolidación de tales principios no sólo en la organización en estudio sino en las demás empresas santandereanas que deseen emprender la ruta de la modernización de su gestión manufacturera hacia la esbeltez. ii) llenar el vacío en la literatura disponible de información cuantitativa que evidencie las relaciones sugeridas.

La figura 1. Muestra el mapa conceptual del estudio planteado:

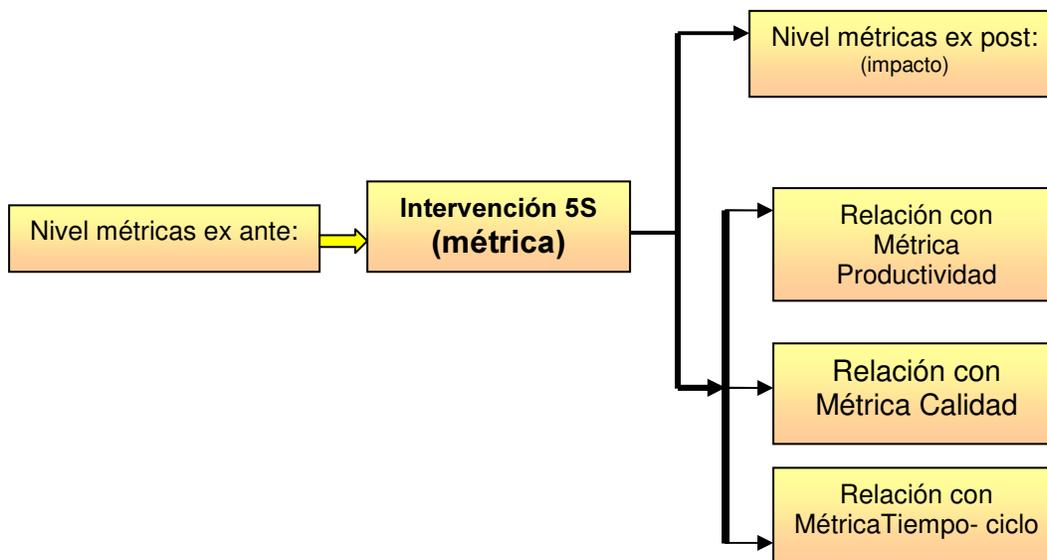


Figura 1.
Mapa conceptual general para el estudio

El problema radica en que mientras existe un cuerpo sólido de literatura que presenta la naturaleza y ventajas individuales de muchas herramientas de gestión

de manufactura como la Manufactura Esbelta (Hirano, 1995; Imai,1997, p145; Osada, 1991; Schomberger 1986; Womak , Jones & Roos) existe una real carencia de investigación basada en datos cuantitativos que examine específicamente si la implementación de los principios de esbeltez de 5S guarda relación con el comportamiento de las métricas de: productividad, calidad y tiempo de ciclo en una organización de manufactura tradicional basada en el proceso. En la revisión de literatura referente a este tema no se ha encontrado en nuestro medio un estudio con características similares al que se presenta en esta tesis.

Es así como, si bien los empresarios nacionales y de esta región desean aplicar herramientas que les evidencien en el corto plazo sus beneficios futuros, y cuentan para ello con una amplia gama de herramientas para seleccionar, no disponen de evidencias cuantitativas de su relación y beneficios aparte de lo que pueden referenciar en la literatura especializada y algunas experiencias en organizaciones ubicadas generalmente en otros contextos y culturas. Surge así la necesidad de empezar a llenar con esta investigación, el vacío existente en la documentación de evidencias sobre la relación e influencia de algunas de tales herramientas como la denominada 5S sobre las variables de manufactura planteadas.

Las preguntas de investigación surgen en razón a la ausencia, en el medio cercano, de estudios que den evidencia cuantitativa que pueda corroborar lo sugerido en la literatura respecto a la influencia del programa 5S sobre diversas herramientas de Manufactura Esbelta y que inciden en ciertas métricas de manufactura. Estas son: ¿Qué relación podrá existir entre ciertas métricas de manufactura cuando se correlacionan con una *intervención* 5S en una organización PYME del sector metalmecánico? ¿Qué comportamiento tienen en el corto plazo dichas métricas tras una intervención 5S?

Este proyecto se plantea como objetivo general, encontrar la correlación que puede existir entre las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo con

respecto a una intervención con los principios 5S de la Manufactura Esbelta realizada en una empresa PYME del sector metalmeccánico en Santander, así como medir su impacto en el corto plazo sobre tales métricas.

Objetivos que se detallan así:

- ✓ Investigar las teorías que soportan los principios 5S y su relación con las variables calidad, productividad y tiempo de ciclo.
- ✓ Encontrar la relación que existe entre una intervención con principios 5S y la calidad, con principios 5S y la productividad, y principios 5S y el tiempo de ciclo.
- ✓ Medir en el corto plazo el impacto de una intervención 5S sobre las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo, básicas de la gestión de manufactura.
- ✓ Elaborar conclusiones a partir de los resultados hallados y sugerir otras investigaciones que complementen los hallazgos del estudio.

Justifica la investigación el hecho de que los investigadores hallaron que existe poca o ninguna evidencia cuantitativa de los efectos que los teóricos de las 5S enuncian respecto a cómo afectaría la práctica sostenida de los principios 5S a las variables de manufactura consideradas.

Se considera que la presente investigación tiene relevancia en razón a que:

- 1) Es una oportunidad para confrontar en el taller, desarrollos en los campos de gestión de producción como son los principios 5S de la Manufactura Esbelta y su relación con las variables de calidad, productividad y tiempo de ciclo dejando una evidencia cuantitativa de ella, campo en el que los investigadores no encontraron ningún antecedente disponible en nuestro medio.

2) El proyecto mediante la evidencia cuantitativa contribuye a resolver un problema práctico para nuestros empresarios, como es la carencia de información de la supuesta relación mencionada, y el comportamiento en el corto plazo de las métricas calidad, productividad y tiempo de ciclo, resultados que de darse como lo plantean los investigadores en sus hipótesis, debe motivar a $\alpha\beta$ S.A., a consolidar la herramienta 5S en la organización y conforme lo muestren las evidencias, estimular la consolidación de ISO 9001, TQM y la adopción de otros componentes de la Manufactura Esbelta tales como TPM, JIT, etc., herramientas que en conjunto llevarán a la empresa a una mayor competitividad.

El proyecto también tiene su utilidad metodológica en razón a que:

- ✓ Ayuda a encontrar una metodología para hallar la existencia o no de correlación entre las variables en estudio.
- ✓ Es un aporte a la metodología para evaluar impactos (en el corto plazo) de este tipo de herramienta.

Esperan los investigadores que el resultado de la investigación contribuya a romper paradigmas y prevenciones atávicas de nuestros empresarios respecto a la adopción de herramientas modernas, de las cuales esperan les den soluciones de corto plazo a sus problemas de competitividad; evidenciando cómo una herramienta sencilla en sus principios, cuando es implementada y usada correctamente, contribuye pronto a impactar otras métricas muy vitales para la organización. Además se espera que la investigación pueda ser tomada como referencia por otras organizaciones de manufactura, respecto a qué relación y beneficios pueden darse como resultado de una intervención con los principios 5S y sus métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo, y motive la incorporación y uso de tales principios en la gestión de manufactura de nuestras empresas.

El alcance del proyecto centra su atención en el planteamiento de la posible correlación existente entre las métricas mencionadas.

Limita el proyecto su trabajo en una PYME del sector metalmecánica que para efectos de mantener su confidencialidad, se denomina en el estudio como empresa $\alpha\beta$ S.A. Se ha tomado dicha empresa por considerarla representativa del subsector estructuras metálicas en Santander, en razón a: 1) Realizar los procesos típicos básicos de la industria metalmecánica; 2) Tener las características básicas de una PYME colombiana en cuanto número de empleados, capital, tecnología aplicada. 3) Tener en sus planes estratégicos el mejoramiento de su competitividad para su expansión internacional, 4) La experiencia previa de esta empresa en la adopción de herramientas modernas de gestión al haberse adelantado allí un proceso previo de transformación hacia la adopción de la calidad logrando la certificación ISO 9001-2000; 5) Haber practicado anteriormente un programa propio denominado SOL (Seguridad, orden, Limpieza), y 6) Haber realizado y sostenido con la guía de los investigadores una intervención formal 5S en el departamento de producción; hechos que la hacen un campo experimental con un ambiente favorable y motivado para probar las hipótesis señaladas y aprovechar las evidencias que se encuentren.

Una limitación potencial de la investigación radica en la dificultad de hacer generalizaciones debido a que se toma como laboratorio una empresa en particular, sin embargo, los investigadores esperan que pueda ser usado como referente metodológico para que otras organizaciones puedan determinar qué tan benéfica puede resultar la implementación de los principios 5S como parte de sus programas de mejoramiento de competitividad.

La investigación no pretende comparar herramientas ni sistemas “de clase mundial” que mejoran competitividad, simplemente desea mostrar evidencias cuantitativas de las relaciones que pueden darse entre las variables de

manufactura consideradas y la intervención 5S realizada en la organización bajo estudio.

El documento se organiza en cinco capítulos comenzando por la introducción del trabajo, seguido del Marco teórico en el capítulo 1, donde se incluyen las diversas teorías en que los investigadores apoyan su trabajo, continuando en el capítulo 2 donde se expone el método de investigación ejecutado en campo; seguido del capítulo 3 que hace referencia a la presentación de resultados, donde se detallan los hallazgos encontrados en el campo de investigación, a través de la aplicación de auditorías, y seguimiento a las métricas establecidas para las otras variables con anterioridad, y la comparación de estas variables utilizando pruebas estadísticas no paramétricas para contrastar las hipótesis. En el capítulo 4 se detallan las conclusiones a partir de los resultados y finalmente, en el capítulo 5, titulado Recomendaciones y trabajos futuros, se cierra el desarrollo de la investigación describiendo las recomendaciones generales que los autores hacen y sugiriendo algunas investigaciones que pueden desprenderse de este trabajo y amplían el conocimiento de las bondades que tiene implantar herramientas que adelgacen la manufactura.

1. MARCO TEÓRICO

Adelantar esta investigación implica varias actividades investigativas: en primer lugar la revisión detallada de literatura disponible, la cual comienza por ubicar la práctica de la herramienta 5S (aspecto de visibilidad) dentro del gran espectro de principios que conforman la Manufactura Esbelta, de tal forma que el lector ubique el origen de las relaciones que los investigadores hacen en las hipótesis planteadas. Igualmente se realiza una exposición de los conceptos de calidad y productividad relacionadas con aplicación de los principios 5S, la calidad y productividad. Se incluyen además en este capítulo del proyecto revisiones de literatura respecto a: las 5S, usos y beneficios; la relación que existe entre las 5S y la productividad; las 5S y su relación con la calidad; 5S y su relación con la optimización del tiempo de ciclo. Igualmente se revisa literatura respecto a la teoría estadística de análisis de correlación y pruebas estadísticas más adecuadas para probar las hipótesis de investigación planteadas, los antecedentes de investigaciones similares continuando con una breve descripción del sector y organización tomada en estudio y finalizando con el examen de los elementos y validez de la elaboración de un estudio de caso.

1.1 LAS 5S EN EL CONTEXTO DE LA MANUFACTURA ESBELTA

En la introducción de la investigación se afirma que la literatura considera los principios 5S como Filosofía inmersa en el enfoque de Manufactura Esbelta, por lo que se inicia y enfoca este capítulo exponiendo los soportes teóricos de tal afirmación, para dar al lector un marco más preciso del contexto en que se ubica la herramienta 5S y en consecuencia la investigación enunciada.

1.1.1 ¿Qué es la Manufactura Esbelta? El significado de la palabra esbelto es familiar a nuestro lenguaje común cuando está relacionada con un cuerpo que

tiene poca grasa, o cualquier objeto que está libre de excesos o desperdicio. En el contexto de la manufactura el significado de esbeltez se aplica a los procesos que carecen de desperdicio es decir no contiene lo que los japoneses denominan “muda” que se traduce para efectos prácticos en cualquier actividad humana, en que absorbe recursos pero que no genera valor. Ejemplo de ellas son los inventarios, el reproceso, transportes, movimientos de los empleados, entre otros, elementos todos que suman costos, pero son costos que el cliente final no está dispuesto a absorber.

Basados en estas ideas, la Manufactura Esbelta puede ser presentada como “un enfoque sistemático para identificar y eliminar el desperdicio entendido como aquellas actividades que no agregan valor, por medio del mejoramiento continuo del flujo del producto para satisfacer la demanda del cliente en búsqueda de la perfección” (Womack & Jones, 1996).

Una diferencia importante de la Manufactura Esbelta es que la producción puede y debe ser guiada por la demanda real del cliente, en lugar de producir basados en pronósticos que siempre tienen un margen de falla, y traen como consecuencia la acumulación de inventarios que generan costos innecesarios.

La idea fundamental de este sistema es mantener un flujo continuo de productos de una manera flexible para adaptarse a los cambios en la demanda.

"Nosotros estamos mejorando el tiempo de línea, a partir del momento en el que nuestro cliente nos da una orden hasta el momento de recibir el dinero. La forma de reducir el tiempo de línea es eliminando las actividades que no generan algún valor agregado en el proceso."¹

¹OHNO Taiichi. Toyota Production System, Beyond Large-Scale Production". s.l. : Productivity Press. 1988.

La siguiente figura muestra un mapa conceptual del origen, evolución y estado del arte de la “esbeltez”, adaptado de Kaufman (2001) (Ver Figura 2.)

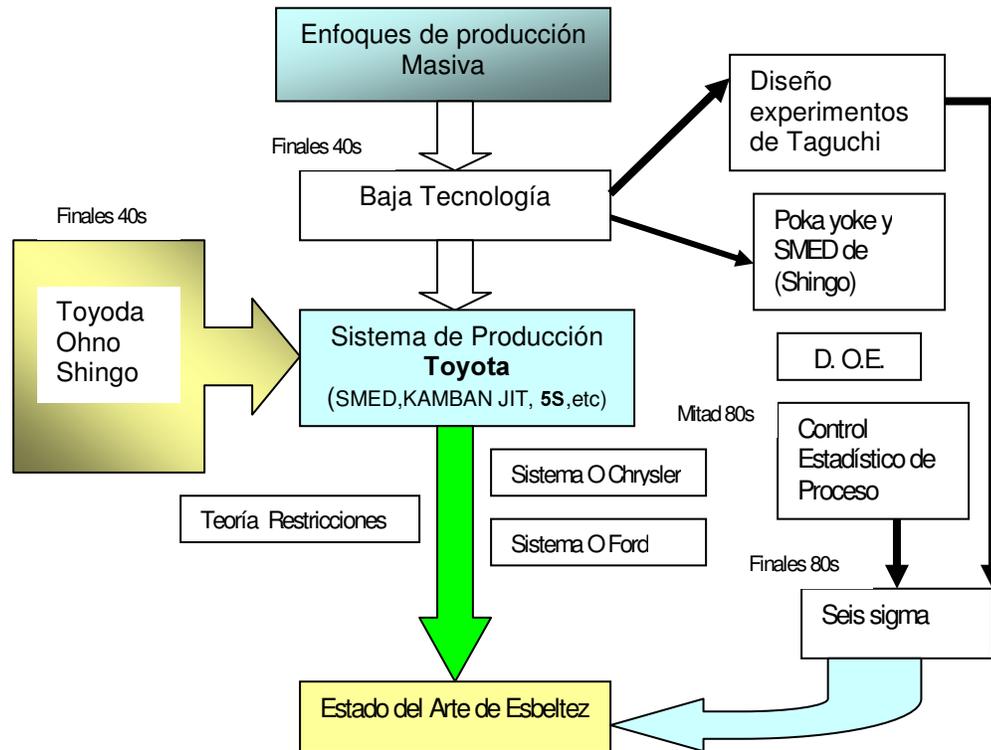


Figura 2.

Orígenes de la manufactura Esbelta -adaptado de Kaufman, 2001-

La Manufactura Esbelta nació en Japón por los inicios de los años 50s y fue concebida por los grandes expertos del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyoda entre otros. Las ideas que fundamentan al Pensamiento Esbelto fueron originalmente desarrolladas en las operaciones de manufactura de Toyota conocidas como el Sistema de Producción Toyota y se difundieron a través de su base de proveedores en los años 70's y a sus operaciones de distribución y ventas en los 80's. El término Pensamiento Esbelto, se hizo famoso en el libro "La máquina que cambió al mundo" (Womack, Jones y Ross, 1990), el cual claramente ilustra, por primera

vez, la gran diferencia en cuanto a desempeño entre la industria automotriz japonesa y la occidental. En este libro los autores describen como Producción Esbelta o Manufactura Esbelta, a los elementos clave de este desempeño superior. Se dice esbelto porque los métodos de negocios japoneses utilizan menos de todo (esfuerzo humano, capital invertido, recursos, inventarios y tiempo) en manufactura; desarrollo del producto; abastecimiento de partes y relaciones con los clientes (Jones D, 2002).

El sistema de Manufactura Flexible o Manufactura Esbelta ha sido definida como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

- ✓ La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio
- ✓ El respeto por el trabajador: Kaizen
- ✓ La mejora consistente de Productividad y Calidad

Los dos pilares del Sistema Toyota para la eliminación del desperdicio son (Ohno, 1988):

- Justo a tiempo
- Autonomatización

El fundamento más importante del Sistema de Producción de Toyota es la eliminación de desperdicio o *muda* ("su significado en japonés", es sencillamente una actividad que no agrega valor.) por lo cual el paso preliminar para su aplicación, es la identificación del mismo. Desperdicio en producción, significa todos aquellos elementos de la producción que incrementan el costo y no ofrecen un valor agregado, como puede ser, el exceso de personal, inventario y equipo. Los principios 5S se enfocan en eliminar el desperdicio reduciendo los movimientos innecesarios, las esperas y la producción de defectuosos a partir del orden y limpieza que transmiten al sitio de trabajo, lo que contribuye a la esbeltez de la manufactura, bajar costos, y mejorar utilidades.

Para Ohno el desperdicio se clasifica en 7 categorías:

1) Sobre producción, 2) Esperas, 3) Transportes, 4) Procesamiento ineficiente, 5) Inventarios innecesarios, 6) Movimientos innecesarios, 7) Producir defectuosos, y Womack agregó un 8) Producir bienes y servicio que no cumplen las necesidades del cliente.

A continuación explicaremos brevemente tales desperdicios.

1. Desperdicio por sobreproducción: es provocado por una falsa necesidad de “seguridad”; es común encontrar esta mentalidad en muchas de nuestras empresas; esta falsa seguridad es creada cuando la gerencia de producción estimula o permite al personal de línea trabajar y producir más de lo necesario para tener un inventario “base” a manera de amortiguador que puede ser empleado en caso de que algún problema futuro se presente en el proceso.

2. Desperdicio por inventario: se conoce como inventario a todos aquellos productos que forman parte del proceso, ya sea productos terminados, productos en proceso y partes o materia prima almacenada. El desperdicio por inventario radica en que éste no agrega valor a los productos o servicios, por lo contrario, esto agrega costos de operación y aumenta el espacio necesario para poder almacenar este inventario.

3. Desperdicio por rechazos - reprocesos: los productos defectuosos además de interrumpir la producción causan reprocesos; provocando desperdicio por atender máquinas, papelería, trato con los clientes inconformes, cambios en el diseño y en el proceso.

4. Desperdicio por movimientos: se considera cuando algún movimiento realizado por el operador no agrega valor al producto o es improductivo.

5. Desperdicio por proceso: se refiere a todas aquellas actividades que se realizan en cada paso del proceso y no dan un valor agregado al producto; esto puede ser debido a tecnología inapropiada o un mal diseño del proceso.

6. Desperdicio por tiempo en espera: este tipo de desperdicio es muy fácil de detectar en un estudio de movimientos y es considerado cuando las manos del operador están ociosas, debido a un desbalance entre las actividades del proceso, falta de partes o trabajo, tiempos de preparación o por simple monitoreo.

7. Desperdicio por transporte: si bien es una parte esencial en el proceso, no agrega ningún valor al producto, por el contrario, el exceso o un mal transporte puede dañar al producto.

1.1.2 Herramientas y técnicas principales en la Manufactura Esbelta. A continuación, para ilustración del lector, se exponen brevemente las herramientas más importantes usadas en Manufactura Esbelta, todas encaminadas a eliminar las operaciones que no le agregan valor al producto, al servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador.

1. Kaizen: mejoramiento rápido del proceso
2. 5S
3. Mantenimiento preventivo Total TPM
4. Manufactura celular/ Sistemas de producción de flujo de una pieza
5. Producción Just in Time/Kankan
6. Seis sigma
7. Redes de proveedores de la empresa esbelta²
8. Autonomatización

² Lean Manufacturing and the Environment: recuperado Agosto 2 de 2006, de; <http://www.epa.gov/lean/leanreport.pdf>

Pilares todos del Sistema de Producción Toyota. Más adelante se hará especial énfasis en los principios 5S tema central de la investigación.

Kaizen. La Producción Esbelta está basada en la idea del mejoramiento continuo. Esta filosofía implica cambios pequeños, aplicados rutinariamente y sostenidos en el tiempo resultan en mejoras importantes. El Kaizen o mejoramiento rápido, a menudo es considerado la base de todos los métodos de Producción Esbelta. Como un método clave para adoptar la cultura del mejoramiento continuo y eliminación del desperdicio, se enfoca en eliminar los desperdicios en los sistemas y procesos de la organización, mejorando la productividad. La estrategia Kaizen apunta a involucrar los trabajadores de diferentes niveles y funciones a mejorar juntos los procesos. Los equipos usan técnicas como mapeo del flujo de valor para identificar rápidamente oportunidades de eliminar desperdicio, implementando a menudo mejoras en 72 horas después de detectado.

5S. Un elemento esencial en la Manufactura Esbelta es mantener en orden el lugar de trabajo. Por ser tema central de la investigación. Más adelante se dedica una exposición detallada de esta herramienta como parte de la administración visual del piso de trabajo.

Justo a Tiempo – JIT. Justo a tiempo significa, tener en un proceso las partes correctas necesarias en el tiempo que es requerido y en la cantidad deseada; la implementación de un sistema justo a tiempo da como resultado la eliminación de inventarios y almacenes de productos en proceso y/o terminados o materiales innecesarios provocando la reducción de costos e incremento de las utilidades. Desde el punto de vista administrativo JIT es un estado ideal.

El éxito del Sistema de Producción Toyota, radica en que su producción no está basada en ventas pronosticadas, sino por el justo a tiempo de su manufactura, es decir, en este sistema de producción el flujo de materiales es al revés, un proceso

posterior pide a un proceso anterior el material (la parte correcta, en la cantidad necesaria y en el tiempo requerido). Una de las herramientas empleadas en este sistema es el KANBAN, que es usado como un medio de enviar información de un procesos a otro para pedir y recibir material de una orden de producción. Al implementar un sistema de justo a tiempo, el equipo y maquinaria son vitales para la satisfacción del objetivo de este sistema, es decir, si una máquina de un proceso anterior está descompuesta, entonces no se podrá cumplir con el requerimiento del cliente, a partir de esta necesidad se empezó a dar importancia al mantenimiento preventivo, con la finalidad de evitar problemas de línea y paros que causen retraso en el cumplimiento de las órdenes de los clientes.

Algunas ideas en las que se basa el sistema JIT son:

1. Todo el material en proceso debe de estar en continuo uso a lo largo del proceso, nunca debe ser parte de un inventario.
2. Operación o flujo continuo.
3. Las cantidades de material en proceso deben reducirse al mínimo indispensable.

Algunos de los usos y beneficios del JIT:

1. Sistema de control de inventarios.
2. Herramienta de control de calidad y desperdicio.
3. Necesidad de balanceo de líneas de producción.
4. Mecanismos de motivación y participación del personal.

TPM Mantenimiento productivo total. Busca involucrar a todos los niveles y funciones en la organización a maximizar la efectividad total del equipo de producción. Este método sintoniza los procesos y equipos reduciendo errores y accidentes.

La meta del TPM es la eliminación total de todas las pérdidas, incluyendo pérdidas por descomposturas, preparación de equipo, ajuste tiempo ocioso y paradas

menores; reducción de velocidad, retrabajo, etc. En síntesis, el objetivo del TPM es cero descomposturas y cero productos defectuosos, los cuales conducen a mejorar la utilización de los activos de producción y la capacidad de la planta.

Sistemas de Manufactura celular. En manufactura celular, las estaciones y equipos de producción son acomodados en una secuencia alineada al producto que ayuda al flujo suave de materiales y componentes a través del proceso de producción con mínimo transporte o demora. La implementación de este método esbelto a menudo representa el primer cambio en la actividad de producción, configuración del taller y es la clave para mejorar la velocidad, flexibilidad y reducción de capital (exceso de inventarios, instalaciones, y equipo grandes de producción).

En lugar de procesar múltiples partes antes de enviarlas a la siguiente máquina o proceso (como en el caso de fabricación por lotes) la manufactura celular apunta a mover productos a través del proceso de manufactura una pieza a la vez, a una tasa determinada por la demanda del cliente". (Lean Manufacturing and the Environment, October 2003, Página 12 recuperado en agosto 2 de 2006, de <http://www.epa.gov/lean/leanreport.pdf>)

Seis Sigma. Fue desarrollado por Motorola en los 90's delineado sobre las conocidas técnicas de control de calidad y análisis de datos. El término sigma hace alusión a la letra griega usada para describir la variabilidad en una población. Seis Sigma es una filosofía de trabajo y una estrategia de negocios, la cual se basa en el enfoque hacia el cliente, en un manejo eficiente de los datos y metodologías y diseños robustos, que permite eliminar la variabilidad en los procesos y alcanzar un nivel de defectos menor o igual a 3,4 defectos por millón. Adicionalmente otros efectos obtenidos son: reducción de los tiempos de ciclo, reducción de los costos, alta satisfacción de los clientes y más importante aún, efectos dramáticos en el desempeño financiero de la organización.

Los programas Seis Sigma deben tomar en cuenta al menos 5 consideraciones estadísticas para su aplicación, asumiendo que el proceso debe presentar un comportamiento estadístico apegado a los siguientes supuestos:

- 1) Normalidad
- 2) Valores conocidos de la media y la desviación estándar
- 3) Los índices de capacidad de proceso C_p y C_{pk} , como parámetros poblacionales, no muestrales
- 4) Las No-Conformidades son independientes
- 5) Un cambio en la media de hasta 1.5Sigmas es esperado y permitido.

Redes de proveedores de empresa esbelta. Para comprender completamente los beneficios de implementar sistemas avanzados de manufactura, muchas compañías están trabajando con otras compañías en su cadena de suministro para motivar y facilitar una amplia adopción de métodos esbeltos. Las redes de proveedores de empresa esbelta motivan la entrega de productos en cantidad y diseño correcto, en el lugar y tiempo correcto, resultando en beneficios por costos compartidos, calidad, y desperdicio. Algunos proveedores pueden incrementar sus propios inventarios para cumplir las necesidades justo a tiempo del cliente, sólo cambiando los costos de llevar inventarios al eslabón de arriba de la cadena.

Autonomatización (jidoka). El mantener a un operador que observa una máquina trabajando es contradictorio al sistema en sí, para lo cual existe una herramienta que se conoce como autonomatización que significa construir un mecanismo para prevenir la producción de trabajo defectuoso en máquinas o productos es decir crear "máquinas inteligentes". Cuando sucede una condición anormal como defectos, herramientas dañadas, escasez de materia prima, la máquina puede detectar esta anomalía, parar la operación y mandar alguna señal de ayuda al operador o técnico para que tome alguna acción apropiada. (Balakrishnan, 2001). Al ocurrir alguna de estas condiciones anormales la máquina en un sistema Jidoka tiene la capacidad de parar la producción y emitir una señal de emergencia al

operador, el cual tomará las decisiones adecuadas a la ocasión (Imai, 1997). Las máquinas altamente veloces de hoy producen cientos o miles de unidades en periodos muy pequeños, por lo que si una máquina no detecta un material defectuoso, se va a seguir produciendo rápidamente cientos o miles de estos productos defectuosos. Este sistema cambia la administración, de manera que no es necesario la existencia de un operador mientras la máquina está trabajando normalmente, solamente en el caso en que la máquina se detiene, para la atención de la falla (Ohno, 1988).

Comunicación Visual. Un control visual es un estándar representado mediante un elemento gráfico o físico, de color o numérico y muy fácil de ver. El control visual de la producción consiste en orientar a las unidades de la producción de acuerdo con las directrices definidas. Deben definirse los objetivos de cantidad y plazo, y deben de adoptarse decisiones en cuanto a pedidos de materias primas y piezas, asignar recursos humanos y técnicos, arrancar el proceso de fabricación en el momento apropiado y seleccionar prioridades en el caso de sobrecarga en las unidades de producción.

El KANBAN es un buen ejemplo de control visual de la producción porque se apoya en un sistema de tarjetas ordenadas sobre un tablero. Conforme empieza a subir el nivel de las tarjetas con un número de referencia particular, es inmediatamente clara la necesidad de reasumir la producción. Kanban es una herramienta basada en la manera de funcionar de los supermercados donde constantemente se está reponiendo en los estantes el producto que retira el cliente. Kanban significa en japonés "etiqueta de instrucción". La etiqueta Kanban contiene información que sirve como orden de trabajo, esta es su función principal, en otras palabras es un dispositivo de dirección automático que nos da información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios, y cómo transportarlo.

Andon. Es otra herramienta de esbeltez que ayuda al control visual para llamar la atención del personal al indicar la existencia de algún problema en la línea, por el cual se haya detenido la producción. Significa linterna en japonés, y su nombre proviene por el hecho de guiar las personas en la existencia de condiciones anormales. El sistema Andon bajo operaciones normales, se mantiene con la luz verde encendida, cuando un trabajador quiere ajustar algo en la línea pide ayuda a través de la luz amarilla. Si la línea para la operación falla y se necesita rectificar un problema la luz roja es encendida. Una ventaja de este tipo de sistemas es el brindar confianza al personal para poder tomar la decisión de detener la producción en caso de ser necesario; evitando de esta manera, la sobreproducción o producción de productos defectuosos (Ohno, 1988).

Pokayoke. Pokayoke es una herramienta japonesa que significa a prueba de error, y consiste en crear mecanismos que brinden seguridad a los procesos, eliminando cualquier causa de error y /o defecto.

Mantenimiento Productivo Total. Un elemento que se convierte en elemental al implementar Manufactura Esbelta, es el mantenimiento; para permitir el buen funcionamiento del sistema de Justo a tiempo con las herramientas antes mencionadas, es necesario el buen funcionamiento de la maquinaria o equipo en cuestión. El Mantenimiento Productivo Total (TPM) es un concepto que se basa en tres ideas muy sencillas:

- 1 Mantenimiento Preventivo.
- 2 Historial del Mantenimiento.
- 3 Delegación de tareas sencillas de mantenimiento.

SMED. Su objetivo es reducir los tiempos de preparación (setup) de una máquina. El SMED consiste en separar el proceso en dos tipos de actividades "internas y externas" y tratar de eliminar las actividades internas. Si se reduce la duración de la preparación también se puede reducir el tamaño de los lotes y esto conlleva a la disminución del tiempo total de producción.

Las actividades internas consisten en todas aquellas actividades realizadas cuando la máquina no está produciendo. Las actividades externas son aquellas actividades que se realizan cuando las máquinas están funcionando. La premisa consiste en que durante muchos procesos la maquinaria está produciendo, no así el operario, o al menos no está ocupado al 100%. Como resultado, dependiendo del proceso y de la maquinaria, el operador puede realizar algunas tareas de preparación o ensamblaje mientras está funcionando el proceso o la máquina.

En los párrafos anteriores se ha dado un vistazo general a los componentes básicos de la Manufactura Esbelta. Finalmente se muestran en esta parte de la exposición, algunos comentarios de respetados autores del tema con relación a las 5S en el contexto del sistema de Manufactura Esbelta, con lo que se espera la mejor ubicación del lector en la temática.

La literatura consultada apoya la noción de que la Manufactura Esbelta es benéfica para el ambiente de manufactura, por ejemplo Sekine y Arai (1992) enfatizaron la meta central de la esbeltez de reducción de costos por medio de la eliminación del desperdicio. Monden (1993) y Zimmer (2000) subrayaron la minimización de la sobreproducción, tiempo de ciclo, inventarios y eliminación de operaciones sin valor, además, ellos enfatizaron la importancia de la flexibilidad de las organizaciones respecto a las condiciones cambiantes del mercado, junto con la utilización del sistema de producción de halar versus el de empujar. Womak, Jones y Roos (1990) explicaron que la esbeltez usa menos de cada cosa comparado a la manufactura tradicional.

Lanigan, 2004 pregona cómo las 5S son fundamento de cualquier iniciativa de construcción de esbeltez diciendo que: “La filosofía esbelta da a las organizaciones el poder para tomar el control de los procesos, reducir costos y crear ventaja competitiva. Muchas empresas realizan eventos Kaizen y creen por ello que están siguiendo una filosofía esbelta, sin embargo el modelo esbelto es mucho más que eso, hay que crear un sistema de mejoramiento continuo; es con

la cultura sistémica que la empresa realmente se vuelve esbelta”³. No importa qué tan talentosos sean los empleados, un sistema deficiente los mantendrá alejados de alcanzar la reducción continua de desperdicio, por esta razón Lanigan considera crítico desarrollar unas bases fuertes para ser esbelto y competitivo. A renglón seguido el articulista sugiere como el método más efectivo para ello el implementar una buena administración visual de la factoría a través de las 5S, en razón a que el ambiente físico es crítico para que los individuos desarrollen plenamente su potencial, poniendo así a las 5S como una base fundamental para que las organizaciones puedan construir su proyecto de esbeltez.

(Shingo, 1989). Nos dice que la esbeltez requiere de la reducción de cualquier actividad que no agregue valor al cliente. Por ejemplo, la Manufactura Esbelta usa menos recursos humanos que la manufactura tradicional, esto sucede porque una persona puede operar varias máquinas si ellas están todas ubicadas alrededor de una celda en lugar de a lo largo del espacio de la planta. Menos espacio es necesario utilizando celdas en forma de U en un ambiente esbelto, contrario a tenerlas todas en una línea o colocadas al azar, como en muchos talleres de manufactura tradicional. El tiempo de desarrollo de nuevos productos es menor porque los trabajadores están todos en un lugar, lo cual facilita la comunicación entre los operarios, ingenieros y supervisores. Con el concepto esbelto de flujo de una-pieza, el inventario es reducido porque únicamente lo que está actualmente siendo procesado está en el inventario en proceso, además dado que únicamente lo que se necesita es producido, no se necesita inventario de almacén (p. terminado).

1.2 LOS PRINCIPIOS 5S

La práctica de las 5S se fundamenta en la filosofía de que la organización personal, limpieza, estandarización y disciplina son las bases para lograr altas

³ LANIGAN Jim. 5S provides competitive lean foundation. En: Artículo SMT May 2004. Recuperado de biblioteca digital ITESM. 5 de Noviembre de 2005 www.smtmag.com

normas de calidad en la producción de bienes y servicios, desde un ambiente activo bien organizado (Ho, 1996). El nombre proviene de 5 palabras japonesas: **Seiri** (clasificación), **Seiton** (organización), **Seiso** (limpieza), **Seiketsu** (estandarización) y **Shitsuke** (disciplina) (Osada, 1991).

Es bien conocida la conexión entre el uso eficaz de manufactura de clase mundial, las técnicas como los 5S y mejora de calidad de productos, servicios y procesos, en un ambiente de aprendizaje (Williams, 1999) por esto se afirma que la disciplina de 5S es quizás la actividad mayormente concurrida en el camino de transformarse en una empresa de clase mundial. No siempre es la primera que se implanta, pero sí la que no debe faltar. Es citada en todos los casos de éxito.

Esta herramienta es primordial para la administración visual, de hecho podría decirse que la administración visual es una extensión de la técnica 5S. Esta técnica fue desarrollada y llevada a la práctica desde hace muchos años en Japón, consta de 5 pasos y al desarrollarlos ejecutamos una acción correspondiente a la palabra japonesa que lleva la letra "S" al inicio, a continuación relacionamos cada uno de ellos:

El paso 1 es la Clasificación (Seiri), lo cual es, distinguir claramente lo que se necesita y que se tendría que conservar, y a su vez determinar lo que no se necesita y que se tendrá que descartar, es decir, deshacerse de todo aquello que no tenga utilidad en el proceso.

Es común tener equipo y maquinaria obsoleta que ya no se usa pero sigue ocupando un espacio en la planta. También es común tener un desorden generalizado, con herramienta tirada por doquier, materiales por todos los rincones, pasillos obstruidos con cajas, etc. Normalmente la primera actividad es tomar fotos de la situación actual para ver el cambio una vez que se haya implementado el proyecto. El objetivo es comparar el antes y el después. Las fotos

pueden mostrarse en un tablero de información para compartirlas con la organización.

En el proceso habrá que definir que cosas son verdaderamente innecesarias, es decir, cosas que no se usaran nunca mas, cosas que se usaran dentro de poco y cosas que no se usan en el momento y que no hace falta tenerlas en el área.

Es primordial vencer la ceguera de taller, porque después de tanto tiempo de ver cosas inútiles en el área de trabajo se llega a pensar que son necesarias.

Ejemplos de esta situación son:

- Maquinaria, equipo y aditamentos obsoletos sin justificación de uso.
- Contenedores de material que no requiere permanecer en el área sino hasta tiempo después (una o dos semanas más tarde).
- Estantería, gabinetes, mesas, bancos, sillas, escritorios innecesarios.
- Objetos olvidados, cajas sin usar, recipientes sin propósito definido, libros, manuales, folletos, etc.

Una técnica útil aquí, es emplear tarjetas de color muy brillante que fácilmente puedan verse y que son colocadas sobre todo aquel objeto que sea innecesario. Posteriormente se define si se elimina o se mueve del área, haciendo las preguntas: Es realmente necesario mantener esto en el *área*? Se puede sobrevivir sin ello? Si algo no se usa en una semana o dos entonces puede retirarse del área, si algo no se usa en uno o dos meses podría inclusive eliminarse.

El segundo paso es la organización (Seiton) Es hora de ordenar el área de trabajo pero no puede hacerse si no se encuentra limpia debido a la clasificación. Cada área de trabajo debe contar con un lugar para cada cosa de tal manera que cualquiera pueda encontrarlos y regresarlos a su lugar de manera sencilla.

Si hay herramienta que se use a diario, debe tener un lugar dónde ubicarla mientras no esté en uso. Si hay un contenedor de material en uso debe marcarse claramente donde debe ubicarse.

Aquí una técnica útil es utilizar colores para definir cada área o servicio, por ejemplo, los pasillos pueden pintarse de un color amarillo, el área de descanso con un color de confort, el área de trabajo con un color verde, toda área de almacén con un color único que al verlo se identifique rápidamente.

La tubería de agua con un color verde, la tubería de aire con un color celeste, la tubería de agua contra incendio con un color rojo, etc., de hecho existen ya colores estandarizados para cada servicio. (En Colombia, bajo las normas de la Superintendencia de Industria y Comercio, Resolución 29447 del 11 de septiembre de 2001)

También ayuda mucho el definir claramente la distribución ("Layout") de la planta detallando en el piso con líneas bien claras la ubicación de cada máquina, área de trabajo, área de descanso, pasillos de tráfico, almacenes, salidas de emergencia, área de riesgo, etc.

La clave de la organización es que en todo momento cualquier persona pueda ver lo que necesita, llevarse lo que ocupa y regresarlo cuando haya terminado. La regla básica es decidir, Qué? (Identificación), Donde? (Ubicación) y Cuanto? (Cantidad) es necesaria.

Otro paso importante es convertir espacios cerrados en abiertos, por ejemplo las herramientas y aditamentos, normalmente se guardan sobre espacios cerrados como gabinetes, áreas protegidas con malla, etc., que se pueden abrir, para mostrarse, e identificarse rápidamente. Una vez que se usen pueden devolverse a su lugar.

Una regla útil aquí es decidir la frecuencia de uso del material, herramientas, etc., para decidir qué y cuánto y dónde almacenar:

1. Frecuencia Alta. Se almacena en la misma estación de trabajo en pequeñas cantidades, conviene emplear contenedores de tamaño pequeño y estandarizado porque constantemente se repone. Ejemplo: tornillos y tuercas, pequeñas herramientas de mano.
2. Frecuencia Media. Se almacena a unos pasos o metros de la estación de trabajo, puede ser en anaqueles o en contenedores de tamaño estandarizado. Ejemplo: herramientas, subcomponentes de ensamble, materia prima.
3. Frecuencia Baja. Se almacenan lejos del área de trabajo, de manera que no quite espacio en la estación de trabajo. Ejemplo: subcomponentes de ensamble y materia prima de poco movimiento.

El tercer paso es la limpieza (Seiso) y se refiere a la disciplina de siempre mantener limpia y ordenada el área de trabajo. La limpieza debe estar integrada a los programas de mantenimiento, con esto podemos contribuir con el alargamiento de la vida útil de los equipos, prevenir descomposturas, mejorar el rendimiento y aprovechar la capacidad de la maquinaria, entre otros; esta muy relacionada con la producción de productos de calidad

Es primordial la consolidación de los procedimientos de limpieza, para lo cual es importante antes que nada establecer los siguientes puntos:

- Establecer qué es lo que se desea mantener limpio (dónde).
- Asignar los responsables de mantener la limpieza (quién).
- Asignar a cada área las herramientas necesarias (cómo).
- Establecer los alcances del programa (hasta donde) y las instrucciones de limpieza (qué tanto).
- Implementar la limpieza (cada cuanto y a que hora).

Toda la planta participa en el programa. Todos tienen una área que mantener limpia, como la área de producción, el taller de mantenimiento, las estaciones de inspección, los almacenes, los pasillos, las máquinas, etc.

Las máquinas son un especial punto a limpiar, cada máquina debe lucir en buen estado, bien pintada, libre de polvo, grasa, aceite, virutas de metal, etc. Los accesorios de cada equipo deben igualmente estar limpios y en buenas condiciones.

Lo que rodea al equipo debe igualmente mantenerse limpio, sin ningún objeto tirado en el piso, nada obstruyendo el libre tránsito. Los pasillos alrededor, paredes, ventanas, puertas, iluminación, etc., deben mantenerse limpias.

Se puede mostrar un diagrama de la planta con los nombres de los responsables, las fechas y horarios de limpieza así como el estándar que se desea. Si hay áreas que sean generales éstas se pueden asignar entre varios responsables en diferentes días de la semana.

Se puede comenzar por asignar un tiempo de limpieza todos los días al iniciar las labores, por ejemplo 5 minutos, que aunque suene poco tiempo, si se hace todos los días en pocas semanas se notará el cambio drásticamente.

Si hay tareas que tomen más de 5 minutos estas se pueden asignar específicamente en una fecha y horario más conveniente que no interrumpa demasiado con las rutinas de trabajo.

Las herramientas necesarias para la limpieza deben designarse con anterioridad y estar disponibles en todo momento. Inclusive se pueden establecer las rutinas de limpieza, donde comenzar y que hacer primero.

El cuarto paso es la estandarización (Seiketsu). El concepto del Ciclo "Deming" o PDCA (Planificar, Hacer, Comparar y Ajustar), se incorpora a las 5S a través del Seiketsu, que indica las tareas de evaluación y retroalimentación del proceso, paso indispensable para la mejora continua de nuestro entorno. A diferencia de la clasificación, el orden y la limpieza, la estandarización no es una actividad, es un estado. Es necesaria para establecer el nivel de aceptación de limpieza y orden. También tiene que ver con la organización de las tareas de limpieza.

La estandarización es idear formas para prevenir suciedad, mantener sólo lo necesario y guardar el orden que se ha establecido. Esto crea un área de trabajo con un fundamento más sólido de las 5S.

Por ejemplo, se puede establecer una rutina para revisar continuamente si hay nuevos objetos que no son necesarios en el área de trabajo. Una hoja de revisión tipo "checklist" sería suficiente para auditar el área y encontrar objetos innecesarios.

Otra rutina podría ser la de almacenar los objetos, herramientas, aditamentos, materiales, etc., que son usados con frecuencia y que regularmente se encuentran al alcance en gabinetes o estantes. Por ejemplo: Si hay una estantería para herramientas, ésta se puede organizar para guardar cada herramienta en su propia locación y debidamente identificado.

Si hay una estantería con materiales de uso frecuente puede asignarse un lugar para cada producto debidamente identificado, con su cantidad debidamente anotada. Lo mismo aplica con herramientas de corte, de medición, lubricantes, etc.

El quinto y último paso es el de Disciplina y Entrenamiento (Shitsuke). Se refiere al establecimiento de las bases para entrenar continuamente a los integrantes. La mejor manera de entrenar es practicando, por lo tanto también se refiere al establecimiento de las condiciones para detectar problemas rápidamente, de un

solo vistazo y permitir que se den acciones de remedio. Construir la autodisciplina y formar el hábito de comprometerse en las 5S, mediante el establecimiento de estándares. Para Occidente, la última de las S proviene de Standardize (estandarizar).

Para comprobar los avances hay que auditar. Para la calificación de las áreas a auditar se puede utilizar una gráfica tipo radar con los puntos a revisar como los puntos de 5S (limpieza total, organización, limpieza diaria, estandarización y entrenamiento) y una escala de clasificación como del 0 al 4 donde cero es el peor y cuatro es lo mejor. Las fotos con las áreas "antes" y "después" ayudan mucho en el entrenamiento. Los rótulos en cartón o acrílico animan a los integrantes a involucrarse en las actividades.

También se pueden auditar las áreas de trabajo utilizando una hoja de revisión tipo "checklist", en ella se lista los puntos a calificar en cada categoría de 5S (limpieza total, organización, etc.). Además se incluye información de los criterios de limpieza y por último un área para calificar donde se especifica cuál es el valor de mayor y menor valor.

El objetivo de las evaluaciones (auditorías) de las diferentes áreas de trabajo, es también convertir su desempeño en información visual. La información se comparte al resto de la organización.

La siguiente tabla resume los conceptos expuestos (ver Tabla 1.).

Tabla 1. Resumen principios 5S

5S	Japonés	Significado
1ª S	SEIRI	(Clasificar) Clasifique y seleccione los elementos necesarios e innecesarios. Descarte los innecesarios.
2ª S	SEITON	(Ordenar) Ubique y ordene los elementos necesarios, tal que Puedan ser tomados fácilmente para su uso.
3ª S	SEISO	(Limpiar) Limpie su lugar de trabajo completamente de modo que no haya suciedad en los pisos, ambiente y elementos de trabajo.
4a S	SEIKETSU	(Limpieza estandarizada). Haga de aseo y la pulcritud un hábito.
5ª S	SHITSUKE	(Disciplina) Enseñe a la gente para seguir disciplinas de buen ordenamiento autónomamente.

1.2.1 Las 5S: usos y beneficios. Tener en orden el lugar de trabajo es un elemento vital de un Sistema de Manufactura Esbelta. El concepto de las 5S fue desarrollado en Japón, pero su aplicación es universal. Las 5S son más un modo de pensar y un hábito, son cinco acciones que establecen procesos estandarizados, reducen desperdicios e incrementan la seguridad en el lugar de trabajo. Esta herramienta contribuye a que exista el flujo de los productos dentro de la cadena de valor, es considerada un “*housekeeping*” o limpieza en el área de trabajo. El objetivo de las 5S es eliminar el desperdicio asociado con la desorganización y la falta de limpieza a través de una secuencia de pasos.

Osada desarrolló el concepto original de 5S en los inicios de los años ochenta del siglo anterior. A renglón seguido se transcriben varios aspectos del programa descritos en su libro “*5S's: Five Keys to a Total Quality Control Environment*”. Osada se refiere a las 5S como las cinco claves en un ambiente de calidad total. El japonés ha sido ampliamente practicante de la técnica de las 5S y ha creído que puede ayudar en todos los aspectos de la vida.

El programa 5S ofrece una eficaz metodología para la implementación autónoma de hábitos de organización, orden y limpieza en el puesto de trabajo, como requisitos básicos para lograr la calidad de los productos y como premisas para aumentar la productividad y competitividad, consiguiendo un entorno seguro y agradable que repercute en la satisfacción del personal.

Mantener el lugar de trabajo organizado, ordenado y limpio, puede ser considerado por muchos como algo trivial, pero implantar estos tres principios mediante las 5S no es pagar a un subcontratista o pedir al personal que limpie, es abordar un plan sistemático de gestión. Si alguien es incapaz de gestionar estas actividades correctamente, tendrá dificultades para gestionar otras áreas de la empresa, siendo la organización, el orden y la limpieza los cimientos imprescindibles sobre los que iniciar y mantener un proceso de mejora continua en

la gestión, que lleva a un aumento de la calidad y la productividad con un empleo limitado de recursos.

Manteniendo y mejorando asiduamente la organización, el orden y la limpieza se consigue:

- Mayor productividad, que se traduce en:
 - Menos productos defectuosos
 - Menos averías
 - Menor nivel de existencias o inventarios
 - Menos accidentes
 - Menos movimientos y traslados inútiles
 - Menos tiempo para el cambio de herramientas.

- Mejor lugar de trabajo, al obtener:
 - Más espacio
 - Orgullo del lugar en el que se trabaja
 - Mejor imagen ante los clientes
 - Mayor cooperación y trabajo en equipo
 - Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas
 - Mayor conocimiento del puesto.

Se puede afirmar que para lograr que la gente pueda trabajar de la manera adecuada y se le facilite encontrar los potenciales problemas del sistema, así como innovar la forma de hacer las tareas, se requiere del apoyo de un ambiente de trabajo organizado, ordenado y limpio, donde además se mantengan las condiciones estandarizadas del mismo. Para lograr este ambiente existe el concepto de las 5S, las cuales, aplicadas en forma de un programa, buscan lograr el ambiente adecuado en el trabajo y en la persona, para así poder tener las condiciones ideales que permitan a los empleados y trabajadores actuar como promotores de nuevas acciones”.

Maasaki Imai en su libro *“Gemba Kaizen; a commonsense low-cost approach to management”* (cap 2 p 19 - 21, 1997) atribuye a las 5S el ser una parte integral de la metodología general, la cual le llama la "Casa de Administración *Gemba*", (ver Figura 3) Ahí acomoda todos los enfoques de calidad, trabajo en equipo, limpieza con las cinco eses, los círculos de calidad, motivación, disciplina y demás (*Gemba* significa literalmente en el mundo japonés "el lugar", se refiere al lugar de trabajo (por ejemplo, el taller de la fábrica, el área de ventas de la tienda, la cabina del avión, el cuarto del hospital, etc.). en otras palabras es el grupo de gente que trabaja en el taller y que deben formar un solo cuerpo operador), y factor crítico en el proceso del Kaizen.

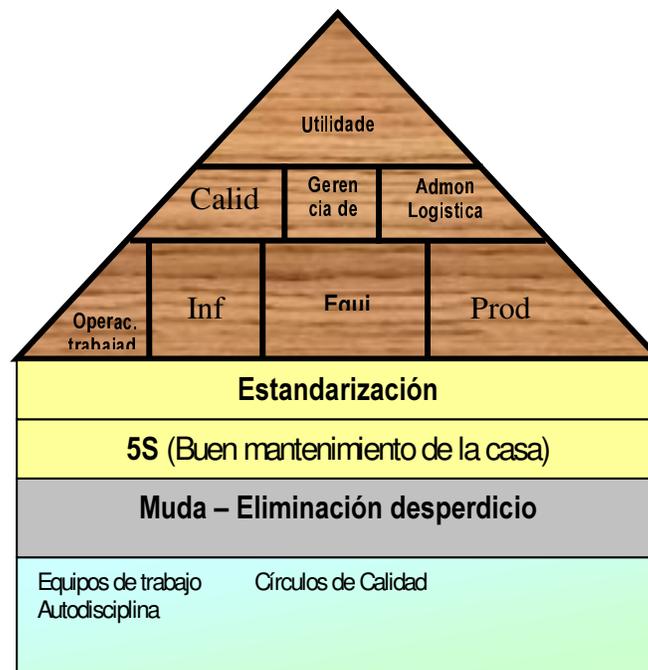


Figura 3.
House of Gemba Management (Imai, 1997)

Además, declara que una falta de 5S en el Kaizen conduce a la ineficacia, desperdicio, moral baja, baja calidad, costos altos y una incapacidad para cumplir

las condiciones de entrega. (Kaizen en japonés quiere decir algo así como “cambiar hacia mejor”). Maasaki Imai propone una guía de bolsillo para cuando se tiene algún problema en la planta. A esta guía le llama “Los 5 principios de Gemba”:

1. Cuando surja un problema vaya primero a gemba.
2. Chequear el gembutsu (objetos relevantes).
3. Tome medidas temporales en el sitio
4. Halle la causa raíz.
5. Estandarice para prevenir la reincidencia.

Como se mencionó, “Gemba” incluye el grupo de gente que trabaja en el taller y que deben de formar un solo equipo operador. Cuando ocurre una anomalía, entonces todos deben actuar revisando el lugar alrededor utilizando el sentido común, a ver si se halla algo anormal con las máquinas, la materia prima, las condiciones de trabajo, el gas, la luz y demás. Si se encuentra algo, debe ponerse en condiciones normales; pero si no, debe buscarse algún remedio, aunque sea provisional, pero se debe echar a andar el proceso de producción otra vez, lo mas rápido posible.

En el libro citado arriba, Gemba Kaizen, Imai dice: “Como una regla general, introducir la buena organización del lugar de trabajo reduce los defectos del proceso en el 50%. “ Esto es por lo que las 5S son tan importantes. Ellas también ponen las bases para el sistema de producción esbelta de una compañía, y esto significa ser más competitivos”.

De resultados publicados en la página Web de la fundación española Euskalit se observa que las 50 empresas que están dentro del programa de Euskalit: “5S Mayor productividad, Mejor lugar de trabajo” muestran resultados que refuerzan las hipótesis inmersas en el proyecto respecto a la relación e impacto medido en el corto plazo de las métricas de manufactura que pueden alcanzarse en el estudio de caso planteado en αβ S.A. ver tabla 2.

Tabla 2. Resultados en 50 empresas del programa Euskalit

Mejoras directas	
<i>Ahorro de tiempo en búsqueda de las herramientas</i>	61%
<i>Ahorro de tiempo en cambio de aceite</i>	52%
<i>Ahorro de tiempo en limpieza de máquina</i>	71%
<i>Ahorro de tiempo en búsqueda de documentos</i>	92%
<i>Ahorro de espacio en área de trabajo</i>	34%
<i>Mejora de auditorias de proceso</i>	13%
<i>Ahorro estimativo de horas al año en una sección productiva</i>	3000

En Latinoamérica, específicamente en una investigación de campo realizada a empresas de México, se concluyó que “El programa de 5S implica un compromiso total por parte de la alta administración, ya que ellos serán los que definan las directrices del mismo. Se debe partir de un total convencimiento de la administración para que los empleados no lo vean como una simple moda en la empresa. El programa debe ser permanente y con el tiempo debe formar parte del trabajo diario de la gente”⁴.

Lucio en el 2006, en el capítulo 5 de su investigación, nos muestra un beneficio más: “Los expertos coinciden en que las 5S son importantes porque son el fundamento que busca sostener el desarrollo de futuras implementaciones de programas o metodologías que pretendan contribuir con la mejora de la organización, así mismo, contribuyen a incrementar la competitividad y a mejoras de ésta misma por el hecho de facilitar los procesos productivos”⁵.

⁴ ORTIZ SALAZAR, Roberto. Estudio sobre la relación del programa 5S y la filosofía Deming en empresas de Monterrey y su área Metropolitana. Tesis de grado. Biblioteca virtual ITESM .Monterrey, 1999

⁵ LUCIO MENDOZA, Juan Carlos. Método propuesto para la implementación exitosa de las 5S. Tesis de grado. Maestro en Ciencias especialidad calidad y productividad. Biblioteca virtual ITESM .Monterrey, Mayo 2006

1.3 RELACIÓN DE LOS PRINCIPIOS 5S Y LA PRODUCTIVIDAD

Una de las hipótesis de la investigación pretende evidenciar la relación entre la aplicación de los principios 5S de la esbeltez y la productividad, en los siguientes párrafos se pretende ubicar al lector en la teoría que lleva a insinuar dicha relación. La técnica 5S es crucial para el éxito de la administración visual, TPM, ISO 9001, y demás herramientas de manufactura esbelta. Es muy simple, si uno busca algo, es más fácil visualizarlo cuando hay orden que cuando no lo hay, el caos permite buscar de todo y no encontrar lo que se desea. (Ver Figura 4.),

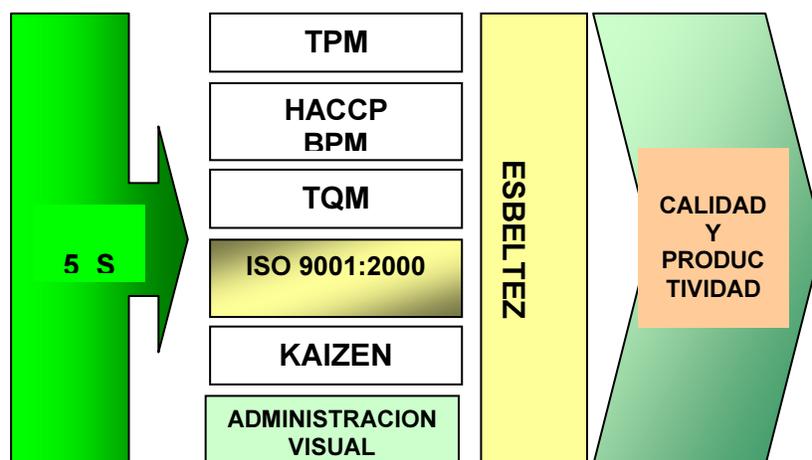


Figura 4.

Relación 5S con Manufactura Esbelta

Fuente: adaptada de: Hideo Nakamura, INLAC World Quality Forum 2005

En la Figura 4, el mapa conceptual ubica la relación de las 5S como concepto base para la administración visual del piso de trabajo, interactuando con las otras herramientas expuestas, conformando la esbeltez, y su impacto en calidad y productividad.

Rivas en su tesis de grado dice:

“Las industrias que aplican los principios 5S buscando la producción esbelta típicamente obtienen los siguientes resultados:

1. Hay una mejora dramática en la sensibilidad con el cliente. Los embarques raramente llegan tarde; el número de defectos que llegan al cliente decrece significativamente, y en general la satisfacción del cliente es mucho mejor por lo tanto se incrementa el valor en el mercado.
2. La mayoría de los problemas de la planta son eliminados. En lugar de islas atascadas de órdenes de producción por lote esperando ser procesadas por bancos de máquinas idénticas agrupadas, ensambles y partes se mueven suavemente dentro de la planta esbelta en sincronía con las celdas de manufactura, sin detenerse sólo hasta que el proceso y la inspección son completados. Los tiempos de producción son reducidos entre 80 y 90%. Las estaciones de trabajo están bien organizadas y ordenadas; no hay partes innecesarias en la estación. Los espacios de almacenamiento de trabajo en proceso son eliminados. El manejo de materiales es simplificado, a menudo con métodos manuales reemplazando la automatización. Las estaciones de re-trabajo desaparecen. El desperdicio es reducido significativamente, y el piso de trabajo es mucho mas limpio.
3. La productividad es duplicada o triplicada
4. Los sistemas de control de producción y sus sistemas de información asociados se simplifican ampliamente.
5. Los embarques de proveedores certificados llegan poco tiempo antes de ser requeridos, están organizados en la secuencia correcta, y llevados directamente al punto de uso sin necesidad de inspección de llegada. El espacio en almacén para materiales y partes se reduce en un 80 o 90% en la mayoría de los casos.
6. Las órdenes completadas son enviadas inmediatamente a los clientes una vez terminada la última etapa de la cadena de valor interna, en lugar de acumularla en almacén. Las órdenes son enviadas a los clientes en pequeñas cantidades en vez de en lotes grandes.
7. El espacio total de la planta en industrias esbeltas es típicamente 55-65% del necesario en plantas de producción en masa para los mismos niveles de producción.
8. Los niveles de inventario en todas las etapas (materiales en bruto, en proceso, y terminados) son dramáticamente más bajos, usualmente por más de 90%.”⁶

Las 5S son el fundamento de Kaizen y la implementación de los sistemas de control visual. La institucionalización de las 5Ss permitirá una alta productividad y tener un lugar de trabajo más seguro y placentero. El concepto de control visual está basado en los principios de 5'S con la intención de ser capaz de determinar el estado de la planta al "dar un vistazo". Una planta ordenada y limpia, en el sentido de producción esbelta, permite que esto suceda.

⁶ RIVAS M. José A. Aplicación de la Técnica de Administración Visual del Piso de Trabajo para una Empresa Pyme de Manufactura. Tesis de grado. ITESM. México. 2003

Respecto a los rendimientos que puede reportar su uso conjunto con la administración visual, kaizen, TQM, etc. se cita aquí los comentarios de Villaseñor respecto a una experiencia en una empresa mexicana: “La utilización de la metodología de Lean Manufacturing (Manufactura Esbelta) en MAVATI’S FURNITURE. La metodología incluía la implementación de flujo continuo, 5S’s, fábrica Visual, auto-inspección y otras herramientas. Por ello se lograron grandes resultados tales como márgenes de utilidad neta de un 27% a 38% sobre las ventas mensuales debido a la disminución de los costos de producción. Se estabilizaron los tiempos de fabricación así como también se redujeron, se formó un excelente ambiente de trabajo, se redujo la rotación de personal, se disminuyeron los índices de ausentismo e impuntualidad. Las mejoras fueron sustanciales.”⁷.

1.4 RELACIÓN DE LOS PRINCIPIOS 5S Y LA CALIDAD

La segunda hipótesis del presente estudio se empeña en cuantificar la posible relación entre los registros de una intervención 5S y la calidad. En esta sección se pretende establecer los conceptos que dan base a los autores para enfocar dicha relación, empezando por definir el concepto moderno de calidad en la opinión de muy respetados expertos de dicha filosofía.

Para Deming la calidad “es la satisfacción del cliente, no sólo reunir sus expectativas sino excederse a ellas”. La filosofía comienza y termina con la satisfacción del cliente.

La mejora de la calidad es la habilidad para controlar y manejar los sistemas y procesos propiamente. Las técnicas estadísticas tienen como función reducir la inevitable variación que ocurre debido a causas comunes (asignables) y especiales (aleatorias), igualmente dice que la administración es la responsable de

⁷ Villaseñor Alberto, Fimbres Farah, Galindo Deber. Transformación de MAVATI’S FURNITURE en una empresa Lean. Artículo Biblioteca digital ITESM. 2004

los problemas de calidad en un promedio del 85% al 94% y debe proporcionar los estándares claros para conseguir las metas planteadas.

Juran define la calidad como "cumplir el propósito o la adecuación al uso". Esta definición puede aplicarse a organizaciones, principalmente manufactureras, de servicio que generan utilidad. La calidad siempre es juzgada por los clientes. Define cinco características de calidad: Calidad en diseño, Calidad de conformidad, Disponibilidad, Seguridad y Uso. Por el simple hecho de no cumplir con estas características nos trae como consecuencia costos identificados como: costos por fallas internas, costos por fallas externas, costos de inspección, y de prevención. Los costos por fallas internas y externas son del 50 al 80% de los costos de calidad, y dichos costos se pueden reducir simplemente poniendo más énfasis a la prevención que en la corrección de las fallas.

Las experiencias de innumerables organizaciones practicantes del concepto moderno de calidad total indican que el logro de una calidad superior trae consigo los siguientes beneficios a la organización y que generalmente son los objetivos primarios a lograr en las empresas:

- Mayor lealtad del cliente.
- Mejor participación en el mercado.
- Precios más altos para las acciones.
- Menos reclamaciones que requieran servicio.
- Precios de venta más altos.
- Mayor productividad.
-

Para Taguchi la calidad es "la pérdida con que carga la sociedad desde el momento en que un producto es embarcado"⁸. Él decía que el control total de calidad reduce el costo para la sociedad, y su filosofía es "en una economía

⁸ TAGUCHI, Genichi: "On-line quality control during production". Japanese Standards Association, 1981.

competitiva la mejora continua y la reducción de costos son necesarios para permanecer en el mercado". Una aportación que hace la calidad es que se lleven a cabo experimentos estadísticos para identificar los parámetros que nos ayudan a reducir la variación. Los conceptos pueden ser aplicados al final de la línea, en diseño o en la línea de producción.

En el contexto de esta investigación, la calidad significa productos que se aceptan, es decir, productos que están libres de defectos la primera vez que se someten a inspección. Bajo este lineamiento es que más adelante se construye la métrica para la calidad en la organización en estudio, para relacionarla con el nivel 5S como se propone en la subhipótesis.

Pero ¿cómo se relacionan los conceptos expuestos de calidad y los principios 5S de la Manufactura Esbelta? Un elemento esencial en la Manufactura Esbelta es mantener en orden el lugar de trabajo. (Osada, 1991) se refiere a las 5S como las cinco claves en un ambiente de calidad total. El japonés ha sido ampliamente practicante de la técnica de las 5S y ha creído que puede ayudar en todos los aspectos de la vida.

Para sentar las bases de un sistema de calidad se debe iniciar con los puntos básicos del lugar de trabajo. Un proceso puede estar diseñado de la mejor manera para obtener el resultado deseado; pero si estas condiciones de trabajo propician a que los involucrados centren su atención en otros detalles como la seguridad en el manejo del equipo, o el orden de los elementos necesarios para trabajar (Osada, 1995), el resultado puede no siempre ser el buscado. Uno de los programas que han sido utilizados para obtener un ambiente de calidad que permita a las personas desarrollarse en su trabajo son las 5S.

Para lograr una mejora en la calidad se debe cambiar la forma de pensar de los administradores. No se deben seguir tolerando errores, defectos y materiales no apropiados para el trabajo. El estilo de administración debe cambiar para

adaptarse a la nueva forma de hacer las cosas (Deming, 1986). La organización debe incorporar la calidad en lo que produce, no solamente descubrir los defectos por inspección (Mariño, 1997).

La alta administración deberá ser la encargada de que la calidad sea adoptada por todos en la empresa. Una forma de lograr que los trabajadores de la organización comprendan la filosofía de calidad, es a través de un programa de 5S. El programa de 5S contribuye enormemente en el propósito de desarrollar e implantar sistemas de mejora en la organización, por lo que son una manera de adoptar la nueva forma de trabajo de la organización. Con dicho programa los trabajadores pueden reconocer la nueva forma de hacer las cosas y ver resultados en los procesos realizados en su trabajo diario. La mejora en un proceso se verá reflejada en un incremento en el valor generado. Con el trabajo diario y la aplicación del programa de 5S se reducirían reprocesos, los tiempos de entrega, de producción, de mantenimiento y otros (Osada en McTighe, 1991). Todo esto implicará una reducción de desperdicios de forma global en la compañía. Desde la mejora en un centro de trabajo al reducir los movimientos del trabajador hasta un cambio en la logística de distribución de los productos todo está sujeto a mejorar. Una vez que la nueva forma de trabajar de la organización es asimilada por todos, las mejoras podrán ser realizadas de manera más efectiva. Los programas de mejoramiento podrán ser adoptados y no ser vistos como una simple moda pasajera. El esfuerzo que cada trabajador ponga para mejorar se verá reflejado en los resultados de la compañía y en el trabajador mismo.

Claro está que el bienestar personal y la disciplina son fundamentales ya que de ellos dependerá que la gente adopte el nuevo programa y lo haga siempre. Es decir que las 5S deben ser utilizadas como un medio para lograr la mejora de la calidad en la organización y hacerse siempre. Además las actividades de 5S pueden llegar a incrementar la moral de los empleados y añadir una gran fuerza y vitalidad a las áreas de trabajo (Osada en Mc Tighe, 1991). Con la filosofía de calidad se busca mejorar la productividad de la organización, enfatizar la mejora de los procesos incrementará la calidad de los productos, reducirá el retrabajo y

los errores así como el desperdicio en mano de obra, tiempo de máquina, materiales y se incrementará la salida con menos esfuerzo y costo (Sherkenbach, 1986). “Es por eso que los programas de 5S al ayudar a disminuir los desperdicios y mejorar continuamente el ambiente de trabajo contribuyen a que la filosofía de calidad sea adoptada por todos en la organización”.⁹

En el contexto del Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) las 5S es un método concreto que concede especial valor a la mejora de lo existente, apoyándose en la creatividad, la iniciativa y la participación del personal, es por consecuencia, un elemento fundamental para la mejora de la competitividad.

”Las 5S pueden desarrollarse con cierta independencia al SGC, lo que constituirá un trampolín de sensibilización para lanzar a continuación esta acción. En cualquier caso, el éxito de las 5S y su perpetuidad exigen un compromiso total por parte del personal operativo como de la línea jerárquica para inducir un cambio en el estado de ánimo, actitud y comportamiento de la organización, lo que garantiza el proceso de puesta en marcha de la Gestión de la Calidad Total”.¹⁰

Las 5S es una metodología que tiene por objetivo desarrollar una ambiente de trabajo agradable y eficiente, el cual permita el correcto desempeño de las operaciones diarias, logrando así los estándares de calidad del producto o del servicio, precio y condiciones de entrega requeridas por los clientes.

Aún en las fábricas con un alto grado de control creen que el problema más preocupante en el piso de producción es el que la gente observe lo que se ha decidido y haga las cosas acordadas, de acuerdo al sistema de calidad ISO/QS 9000. Debemos crear un lugar de trabajo disciplinado en el cual la gente siga las reglas y ejecute las tareas en la forma correcta.

⁹ ORTIZ SALAZAR, Roberto Estudio sobre la relación del programa 5S y la filosofía Deming en empresas de Monterrey y su área Metropolitana. Tesis de grado. Biblioteca virtual ITESM .Monterrey, 1999.

¹⁰VARGAS R. Hector. Manual de implementación del programa 5S. Un Sistema de Gestión de Calidad. CAS.2001

Crear un lugar de trabajo disciplinado requiere que la gente reconozca sus responsabilidades y cambie sus conductas, y la mejor forma de hacer que una persona cambie su conducta es a través de los procesos de educación y adiestramiento.

La limpieza y la organización de los lugares de trabajo son tópicos que no llaman mucho la atención ni son considerados por mucha gente en las empresas, aún en algunos círculos académicos no se le confiere la dimensión adecuada, al ver las 5S como programa aislado, visión un tanto miope que trabajos como el presente espera aclarar. No obstante estas disciplinas básicas (limpieza, organización) deberán ser seguidas por todos los empleados para crear un lugar de trabajo de tal manera que cada componente humano de las organizaciones y quienes los rodean sientan orgullo por él.

Primer Paso en el proceso de *mejoramiento continuo*: Orden y limpieza.

El punto es que el orden y la limpieza están ligados muy de cerca con las actividades más importantes de la gerencia, incluyendo la moral, la confianza y la motivación de los trabajadores, las relaciones obrero-patronales y los niveles de las actividades de mejoramiento.

Una premisa clave en el proceso de mejoramiento, es que hay una cadena entre el nivel de limpieza de la compañía y la cantidad de productos defectuosos, el número de fallas en las máquinas, en los flujos desordenados del material, en los altos niveles de inventarios, en la rotación de personal, etc. Debemos entender muy bien cada uno de nosotros ésta cadena y poder establecer y ejecutar acciones para incrementar las actividades de mejoramiento.

La organización del lugar de trabajo y la limpieza, definitivamente debe tener un fundamento económico. Los pisos y las máquinas no deben estar limpios simplemente para cuidar su apariencia; sino que las áreas o superficies limpias

exponen los problemas, como por ejemplo, los goteos de aceite o algún fluido, o las fallas de una máquina que requieren de una acción correctiva inmediata. Todo desorden debe ser evitado, cualquier superficie de trabajo deberá estar limpia. Esta deberá ser la norma.

A mediados de los años ochenta, inició en occidente una cruzada de orden y limpieza dentro de las organizaciones llamada 5S. Un acrónimo de las primeras letras de cinco palabras japonesas.

Las 5S forman una parte esencial para la implementación exitosa de cualquier programa de calidad total en una organización, ya sean de servicio o manufactura, pues implica reunir esfuerzos para lograr metas claves como incrementos en la calidad de los productos y servicios, la seguridad y la moral de los trabajadores, reducciones en los costos y en los tiempos de entrega.

En resumen, se puede afirmar que la limpieza y la organización de los lugares de trabajo están directamente ligadas para lograr una disciplina de manufactura de clase mundial. Solamente cuando estas prácticas sean coordinadas adecuadamente, se puede llegar a ser un competidor de clase mundial.¹¹

Está comprobado así, que existen numerosos vínculos entre las 5S y otras iniciativas de mejora continua. Pero seguramente la más contundente relación se encuentra en el modelo japonés de Control Total de Calidad (TQC). Osada (1991) cita las 5S como el fundamento del CWQC japonés (Company Wide Quality Control). Las 5S ofrecen la oportunidad de practicar procesos universales de mejora continua como: liderazgo de la alta dirección, despliegue de políticas de mejora, entrenamiento intenso, empleo del ciclo Deming (PDCA), auditorias de progreso, gestión visual y gestión orientada al proceso (Hoshin Kanri). Estos

¹¹ http://www.iteeonline.com/espanol/mostrat_boletin_default.asp?id=7

procesos son aplicados tanto por la ISO 9001:2000; TQM, Kaizen, TPM, JIT, EFQM y otras iniciativas de mejora.¹²

1.5 RELACIÓN DE LOS PRINCIPIOS 5S Y EL TIEMPO DE CICLO

Otra de las hipótesis de la presente investigación, se plantea la relación de la métrica para el tiempo de ciclo y la intervención con los principios 5S. Para construir un soporte teórico conducente a probar tal hipótesis, se comienza preguntando: ¿Qué es el Tiempo del Ciclo del Proceso? En términos simples, el tiempo del ciclo es la cantidad total de tiempo que se requiere para completar el proceso. Es el tiempo promedio entre la liberación de un trabajo a la ruta y el final de ésta ya cuando finaliza como producto terminado. Esto no sólo incluye la cantidad de tiempo que se requiere para realizar el trabajo, sino también el tiempo que se dedica a trasladar documentos, esperar, almacenar, revisar y repetir el trabajo. El tiempo del ciclo es un aspecto fundamental en todos los procesos críticos de la empresa. La reducción del tiempo total de ciclo libera recursos, reduce costos, mejora la calidad del output y puede incrementar las ventas. Por ejemplo, si reduce el tiempo del ciclo correspondiente al desarrollo del proceso, podrá ser más oportuno y así ganar ventas y participación de mercado. Si reduce el tiempo del ciclo del producto, reducirá el costo del inventario y mejorará los despachos. Si reduce el ciclo de facturación, tendrá más dinero en efectivo a su alcance.

La metodología de Manufactura Esbelta y los principios 5S reducen los tiempos de la línea de producción desde que el cliente hace su pedido hasta que este le es embarcado, eliminando siempre el desperdicio. Esto no significa el mantener una gran cantidad de inventario en un almacén para ser embarcado inmediatamente cuando el cliente lo requiera. Por el contrario significa que se va a producir únicamente lo que el cliente ordene tan pronto como sea posible después de que ha sido requerido *y que el tiempo de ciclo se tan corto como sea posible*. En

¹² <http://www.ceroaverias.com/archivoeditorial11/articulo%205s-3.htm>

cualquier momento que un producto esté esperando, en cualquier lugar, esto es desperdicio [Arellano 2001].

(Imai, cap 3, 1997 op cit.) dice que: “*Lead time*” empieza cuando una compañía paga por sus materias primas y suministros, y finaliza únicamente cuando la empresa recibe el pago de sus clientes por los productos vendidos. Así el “lead time” representa la rotación de efectivo”.

"Nosotros estamos mejorando el tiempo de línea, a partir del momento en el que nuestro cliente nos da una orden hasta el momento de recibir el dinero. La forma de reducir el tiempo de línea es eliminando las actividades que no generan algún valor agregado en el proceso." Comenta (Ohno,1988).

El sistema de producción Toyota que usa los principios 5S, tiene como objetivo principal la reducción de tiempos de ciclo a través de la eliminación de la “muda” (desperdicio en japonés). La idea fundamental de este sistema es mantener un flujo continuo de productos de una manera flexible para adaptarse a los cambios demandantes.

[Womack, 1991], en el libro “The machine that change the world”. asume que Manufactura Esbelta (donde interactúan las 5S) es una metodología que tiene como objetivo alinear la estrategia organizacional hacia una meta única: “Satisfacer al cliente, reduciendo el **tiempo de ciclo** del producto mediante la eliminación del desperdicio para reducir los costos en todo el proceso de producción y en la utilización de la mano de obra”

Existen cuatro formas de reunir la información del tiempo de ciclo: medidas finales, experimentos controlados, investigación histórica y análisis científico.

Womack, 1996, dice: “*What is Cycle Time? Cycle time is the time required to complete a given process. The cycle time required to process a customer order*

might start with the customer phone call and end with the order being shipped in this example. The overall process is made up of many sub-processes such as order entry, assembly, inspection, packaging, and shipping. The cumulative cycle time of all of the sub-processes in your operation determines when you can promise product to your customer.

What is Cycle Time Reduction?

Cycle Time Reduction is identifying and implementing more efficient ways to do things. Reducing cycle time requires eliminating or reducing non-value-added activity, which is defined as any activity that does not add value to the product. Examples of non-value-added activity in which cycle time can be reduced or eliminated include repair due to defects, machine set-up, inspection, test and schedule delays. Reducing cycle time will have a significant impact on a company's bottom line when implemented.

What are the benefits of Cycle Time Reduction?

- ✓ *Reduced costs*
- ✓ *Increased throughput*
- ✓ *Streamlined processes*
- ✓ *Improved communications*
- ✓ *Reduced process variability*
- ✓ *Schedule integrity*
- ✓ *Improved on-time delivery”¹³*

En este orden de ideas, se tiene que los principios 5S ayudan a mantener un lugar de trabajo organizado, lo que significa una mejor disposición para realizar las tareas, que a su vez se traduce en una mejora en los tiempos de procesamiento en cada estación, sumatoria que nos lleva reducir el tiempo global del proceso.

¹³ WOMACK, James & JONES, Daniel "Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation". Editorial Simon & Schuster. p 125 1996.

Esta relación causa-efecto nace de aplicar los principios 5S, sin que se quiera decir que sea la única vía para llegar a optimizar el tiempo de ciclo, pues existen otras herramientas de esbeltez que aplicadas conjuntamente contribuyen también a una optimización del T_c .

Lo anteriormente expuesto induce la formulación de la hipótesis en el sentido de que al contribuir las 5S a eliminar las “mudas” del proceso, mantener un gemba limpio y ordenado, deberá facilitar la disminución del T_c , lo que anticipa en teoría una correlación negativa entre estas dos variables. $H: \rho \geq 0$; $H_a: \rho < 0$).

1.6 BASES ESTADÍSTICAS PARA EL ESTUDIO DE LAS HIPOTESIS

1.6.1 Teoría de la Correlación. La presente investigación considera la medición por medio de una correlación estadística como un procedimiento válido para argumentar a favor de una hipótesis como las planteadas para el estudio. Sin embargo, debe aclararse que la correlación al igual que el proceso de medición en experimentación tiene siempre un margen de falibilidad en sus resultados. La comunidad científica puede adoptar aquella explicación cuyos resultados brinden el menor margen de falibilidad. Uno de los métodos más apropiados para probar relaciones entre variables es el de correlaciones, los estadísticos más comunes para la obtención de correlaciones son los de Pearson, Spearman y Kendall.

1.6.2 Diagrama de Dispersión. Es una herramienta que se utiliza para tratar de comprender en qué medida pueden estar relacionadas entre sí dos magnitudes determinadas. Para ello, se asigna a una de ellas la característica de variable independiente (posible causa, x) y a la otra, la de dependiente (posible efecto, y). Es la representación sobre unos ejes cartesianos de los distintos valores de la variable (X, Y). En el eje de abscisas se representan los valores de X y en el de

ordenadas los valores de Y, de tal forma que cada par viene representado por un punto del plano $X \times Y$.

El estudio no es causal, por lo que es indiferente como se asignen las variables dependiente o independiente pues la correlación resultante X e Y será la misma que entre Y y X. por lo que este diagrama aquí no tiene propósitos causales. La figura 5 ilustra el diagrama descrito.

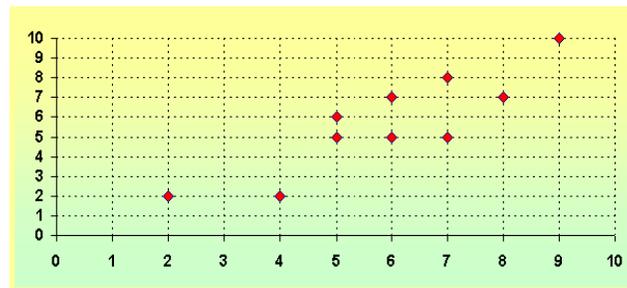


Figura 5
Diagrama de dispersión

1.6.3 Coeficiente de correlación de Pearson. (Lind, Marshal y Mason; 2005) dice que “el coeficiente de correlación describe la intensidad de la relación entre dos conjuntos de variables de nivel de intervalo (o variables de nivel de relación o razón)”¹⁴.

(Conover W J., 1998, p 43) “El coeficiente de correlación posee las siguientes características:

- El valor del coeficiente de correlación es independiente de cualquier unidad usada para medir las variables.
- El valor del coeficiente de correlación se altera de forma importante ante la presencia de un valor extremo, como sucede con la desviación típica. Ante estas situaciones conviene realizar una transformación de datos que cambia la

¹⁴ LIND et al. Estadística para Administración y economía. 11ª edición. Alfa y Omega. 2004, p . 460

escala de medición y modera el efecto de valores extremos (como la transformación logarítmica).

- El coeficiente de correlación mide sólo la relación con una línea recta. Dos variables pueden tener una relación curvilínea fuerte, a pesar de que su correlación sea pequeña. Por tanto cuando se analicen las relaciones entre dos variables éstas deben representarse gráficamente y posteriormente calcular el coeficiente de correlación.
- El coeficiente de correlación no se debe extrapolar más allá del rango de valores observado de las variables a estudio ya que la relación existente entre X e Y puede cambiar fuera de dicho rango.
- La correlación no implica causalidad. La causalidad es un juicio de valor que requiere más información que un valor cuantitativo de un coeficiente de correlación”.

“En general la teoría afirma que: Para contrastar la correlación lineal entre dos variables X e Y cuando la distribución $P(X, Y)$ de (X, Y) pertenece a una familia paramétrica (ejemplo una normal), la decisión se suele basar en el coeficiente de Pearson”.

El coeficiente de Pearson es invariante por translación y cambio de escala por lo tanto el estadístico T parece ser idóneo para contrastar H_0 . Si se supone que las desviaciones son normales, entonces se conoce la distribución del estadístico T:

$$T \approx t(n-2)$$

Por lo tanto, la regla de decisión para un nivel α será:

Rechazar H_0 si $|T| > t_{\alpha/2; n-2}$

En general, el coeficiente de correlación lineal de Pearson entre dos variables cuantitativas requiere que las dos variables tengan distribuciones normales y que la distribución conjunta de las dos variables sea normal bivariante.

$$r(x, y) = \frac{\text{cov}(x, y)}{s_y s_x}$$

$$= \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})(x_i - \bar{x})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}}$$

Con base en lo anterior, los investigadores consideran que no tienen información suficiente para admitir con plena certeza que las variables consideradas cumplan con las condiciones estipuladas para aplicar el coeficiente de Pearson, además, el coeficiente de Pearson puede ser muy afectado por una simple observación que cae lejos de los otros puntos en el plano x-y (datos extremos) incrementando o disminuyendo grandemente el coeficiente r . En tales casos se puede seleccionar una medida de asociación alterna como es el coeficiente de correlación de rangos de Spearman¹⁵, que usa sólo los rangos de las observaciones y estos no son muy afectados por valores extremos comentados, por lo que en la siguiente sección se expone esta medida alternativa para el propósito del estudio.

1.6.4 Coeficiente de correlación de los rangos de Spearman. Este coeficiente es una medida de asociación lineal que utiliza los rangos, números de orden, de cada grupo de sujetos y compara dichos rangos. Los investigadores emplearán en el estudio el coeficiente de rangos de Spearman en razón a que el cálculo del coeficiente de correlación lineal de Pearson entre dos variables cuantitativas requiere que las dos variables tengan distribuciones normales y que la distribución conjunta de las dos variables sea normal bivariante, suposición que no asumen. Cuando no se cumpla esta condición o ésta no pueda ser evaluada, debe usarse

¹⁵ How to measure association: Correlation. Recuperado el 31 de Julio de 2006, de: <https://winkle.stanford.edu/frontpage/courses/biomedin303/Correlation.doc> -

el coeficiente de correlación de Spearman o el de Kendall para resolver tal situación.

El coeficiente de Spearman se define por:

$$r_s = 1 - \frac{6}{n(n^2 - 1)} \sum_{i=1}^n (i - R_i)^2$$

$$r_s = \frac{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})(i - \bar{i})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (R_i - \bar{R})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^n (i - \bar{i})^2}}$$

La correlación de Spearman es un coeficiente de correlación *no paramétrico*, es una aplicación del coeficiente de correlación de Pearson a n pares de observaciones cuyos valores son números de orden.

Para el cálculo del ρ de Spearman se procede según los pasos siguientes:

- 1- Se transforman los valores originales por sus rangos. Esta transformación se realiza independientemente para cada variable.
- 2- Se obtiene, para cada sujeto, la diferencia, en valor absoluto, entre los rangos.
- 3- Estas diferencias permiten obtener el valor del coeficiente de correlación de Spearman, por medio de la siguiente formulación:

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

En donde $d_i = r_{x_i} - r_{y_i}$ es la diferencia entre los rangos de X e Y.

La regla de decisión basada en r_s para contrastar H_0 : "X e Y son no correlacionadas" sería por lo tanto:

Rechazar H_0 si $|r_s| > u_\alpha$

Donde u_{α} se obtiene mediante la tabla de la distribución del coeficiente de Spearman. Ver anexo 2.

Moreno T. Wilfredo, 1992, p 50, 51, afirma en sus conferencias que: “El coeficiente de Pearson debe satisfacer los requisitos necesarios de una medida aceptable de correlación. Sin embargo, r es una variable aleatoria y por tanto posee una función de distribución. Desafortunadamente, ésta depende de la función de distribución de la variable aleatoria bivalente $(X; Y)$. Por lo tanto r no tiene valor como un test estadístico no paramétrico y por consiguiente tampoco se puede determinar un intervalo de confianza, a menos que se conozca la distribución de (X, Y) .

Además del coeficiente de correlación r , se han definido otras medidas que satisfacen los requisitos para ser aceptadas. Algunas de estas medidas poseen funciones de distribución que no dependen de la distribución de la variable aleatoria bivalente (X, Y) si X e Y son independientes, y por lo tanto pueden ser utilizadas como test estadístico en pruebas no paramétricas de independencia.

La medida de correlación seleccionada es función de los rangos asignados a las observaciones, posee una función de distribución que no depende de la función de distribución de la variable aleatoria (X, Y) si X e Y son independientes y continuas. Estas variables se denominan coeficiente de correlación de Spearman”.

Para propósito del estudio, los investigadores no cuentan con una evidencia suficiente para asumir que las variables estudiadas tengan distribuciones normales y que la distribución conjunta de las dos variables sea normal bivalente (Es decir, cuando sobre una población se estudian simultáneamente los valores de dos variables estadísticas, el conjunto de los pares de valores correspondientes a cada individuo se denomina distribución bivalente), por lo que se considera el coeficiente de correlación de Spearman para medir las asociaciones planteadas.

En el capítulo 2 donde se desarrolla la metodología aplicada en el estudio, se detallan los procedimientos empleados en las pruebas de hipótesis.

1.6.5 Pruebas de Hipótesis. Una hipótesis es una declaración respecto al estado de la naturaleza (respecto al verdadero valor de un parámetro poblacional desconocido). Cada hipótesis implica su contradicción o alternativa.

La hipótesis nula se denota por **H₀**, es la suposición respecto a un parámetro de la población, que se da por cierta hasta tanto no se tenga suficiente evidencia estadística para rechazarla (sobre la base de una prueba estadística) representa la situación actual o una creencia existente.

H_a simboliza la hipótesis alternativa, representa todas las situaciones no cubiertas por la hipótesis nula.

Una hipótesis es falsa o verdadera, y se puede fallar al rechazarla siendo cierta o aceptarla siendo falsa, son los llamados errores tipo I y tipo II.

1.6.5.1 Pruebas de una cola y de dos colas

Las colas de una prueba estadística están determinadas por la necesidad de una acción. Si una acción se toma si un parámetro es menor que algún valor a , la hipótesis alternativa es que el parámetro es mayor que a , y la prueba es de cola derecha.

$H_0 : \mu \leq a$ $H_a : \mu > a$

Si una acción se toma cuando un parámetro es menor que algún valor a , la hipótesis alternativa es que el parámetro es menor que a y la prueba es de cola izquierda.

$H_0 : \mu \geq a$ $H_a : \mu < a$

Si la acción se toma si un parámetro es o bien mayor o bien menor que alguna valor a , la hipótesis alternativa es que el parámetro no es igual de a , y la prueba es de dos colas.

1.6.5.2 Conceptos de pruebas de hipótesis. Una prueba estadística es una estadística calculada de datos muestrales. El valor del estadístico resultante se usa para determinar si podemos rechazar o no la hipótesis nula.

La regla de decisión de una prueba de hipótesis es una regla que define las condiciones bajo las cuales puede rechazarse la hipótesis nula H_0 .

El valor p es la probabilidad de obtener un valor del estadístico de prueba tan extremo o más extremo que el valor actual obtenido, cuando la hipótesis nula es cierta. El valor p conocido por su nominación original en inglés "The p-value" es el menor nivel de significancia α , al cual la hipótesis nula puede ser rechazada.

Cuando el valor p es menor que 0.01, el resultado es muy significativo.

Cuando el valor p está entre 0.01 y 0.05, el resultado es significativo.

Cuando el valor p está entre 0.05 y 0.10, el resultado es considerado como marginalmente significativo. Por último, cuando el valor p es mayor de 0.10, el resultado es considerado no significativo.

Esta investigación plantea pruebas de una cola y tiene determinados valores de α que son comparados con los valores p para evaluar su significancia real, para convencerse más de que la hipótesis nula es falsa y debe ser rechazada.

Por otra parte, el poder de una prueba de hipótesis es la probabilidad de rechazar la hipótesis nula cuando la hipótesis nula es falsa, esto es:

$$\text{Poder} = (1 - \beta)$$

Donde β es la probabilidad de cometer error tipo II, que significa aceptar hipótesis falsas, contrario a α (tipo I) que es rechazar hipótesis buenas.

La probabilidad de cometer error tipo II y el poder de un test, depende del valor actual del parámetro de población desconocido. La relación entre la media poblacional y el poder de la prueba es conocida como la función de poder.

La función de poder se ve afectada por los siguientes factores:

- La distancia entre el valor del parámetro bajo la hipótesis nula y el verdadero valor del parámetro en cuestión. A mayor sea esta distancia, mayor el poder.
- El poder depende de la desviación estándar poblacional. A menor desviación, mayor poder.
- El poder depende del tamaño de la muestra usado. A mayor muestra, mayor poder.
- El poder depende del nivel de significancia del test. A menor nivel α , menor poder.

1.6.5.3 Pruebas paramétricas. Las técnicas paramétricas utilizadas para realizar algún tipo de inferencia, exigen asumir ciertas hipótesis como: 1) La aleatoriedad en las observaciones que componen la muestra, o la normalidad de la población, o la igualdad de varianzas de dos poblaciones, etc; o bien, 2) La estimación de cualquier parámetro como la media, varianza, proporción, etc, de la población.

Las pruebas paramétricas tienen las siguientes características:

- “1. Independencia de las observaciones a excepción de datos pareados.
2. Las observaciones para la variable dependiente se han obtenido de manera aleatoria de una población con distribución normal.
3. La variable dependiente es medida al menos en una escala de intervalo.
4. Se recomienda un tamaño de muestra mínimo de **30** sujetos por grupo.
5. Los datos son obtenidos de poblaciones que tienen varianzas iguales (una varianza no debe ser el doble o mayor que la otra).

6. Habitualmente las hipótesis se hacen sobre valores numéricos, especialmente el promedio de una población (μ), como ejemplo:

$$H_0: \mu_1 = \mu_2$$

$$H_1: \mu_1 \neq \mu_2$$

7. Otros posibles requisitos: variable independiente nominal o de intervalo, homocedasticidad (para cada nivel de la variable independiente hay una variación similar de la variable dependiente) y casillas de igual tamaño¹⁶.

Los investigadores consideran que conforme a lo expuesto, su estudio no se acomoda plenamente a la utilización de estas pruebas, por lo que se examina en la siguiente sección, la alternativa que ofrece la estadística para resolver una investigación como la presente.

1.6.5.4 Pruebas no paramétricas. Existen otros métodos cuyos procedimientos no precisan la estimación de parámetros ni suponer conocida ninguna ley de probabilidad subyacente en la población de la que se extrae la muestra. Estas son las denominadas técnicas no paramétricas o contrastes de distribuciones libres. Amir Aczel indica las características de las pruebas no-paramétricas¹⁷:

“Nonparametric Tests:

- *Distribution-free methods making no assumptions about the population distribution*
- *Deal with enumerative (frequency counts) data.*
- *Do not deal with specific population parameters, such as the mean or standard deviation.*
- *Do not require assumptions about specific population distributions (in particular, the normality assumption)”.*

¹⁶ Recuperado Agosto 3 de 2006 de: Sinopsis de pruebas estadísticas no paramétricas. Cuándo usarlas. Revista Mexicana de Pediatría. Vol. 70, Núm. 2 • Mar.-Abr. 2003 pp 91-99

¹⁷ ACZEL, Amir D. Complete business statistics. 6 ed. Recuperado el 24 de Julio en <http://www.mhhe.com/business/opsci/aczel05/student/powerpoint.mhtml#>

Con las pruebas no paramétricas se puede trabajar con muestras pequeñas de datos categóricos u ordinales, independientemente de la distribución de las muestras que se desea contrastar. Se considera que las pruebas no paramétricas:

- 1) Son más fáciles de aplicar;
- 2) Son aplicables a los datos jerarquizados;
- 3) Se pueden usar cuando dos series de observaciones provienen de distintas poblaciones;
- 4) Son la única alternativa cuando el tamaño de muestra es pequeño;
- y, 5) Son útiles a un nivel de significancia previamente especificado.

Las características comunes de las pruebas no paramétricas, son las siguientes:

1. Independencia de las observaciones aleatorias a excepción de datos pareados.
2. Pocas asunciones con respecto a la distribución de la población.
3. La variable dependiente es medida en escala categórica.
4. El punto primario es el ordenamiento por rangos o por frecuencias.
5. Las hipótesis se hacen sobre rangos, mediana o frecuencias de los datos.
6. El tamaño de muestra requerido es menor (20 o menos). Cuando la muestra es menor de 10 son sencillas, rápidas y sólo un poco menos eficaces. Conforme aumenta el tamaño de la muestra se hacen más laboriosas, y menos efectivas.

En el anexo 1 se incluye un resumen comparativo de pruebas paramétricas y su alternativa no paramétrica.

1.6.6 Prueba de significancia del coeficiente de correlación. Lind Marshal Mason, hace la siguiente pregunta: “¿Podría ser que la correlación en la población de donde se tomó la muestra sea en realidad cero? Esta prueba tiene como objetivo contestar esa pregunta. En otras palabras, ¿el ρ calculado proviene de una población de observaciones por pares con correlación nula?” Mientras que el valor del coeficiente de correlación de Pearson puede ser calculado para cualquier conjunto de datos, la validez de la prueba de hipótesis sobre la correlación entre las variables requiere que al menos una de ellas tenga una distribución normal en la población de la cual procede la muestra. Antes se afirmó que los investigadores

emplearán el coeficiente de correlación de Spearman, por lo que en este capítulo se limita la exposición a la prueba para significancia de correlación con base en dicho coeficiente.

Nuevamente, (Moreno T. Wilfrido, 1992, p 52)¹⁸ afirma que “El coeficiente de correlación de rangos de Spearman se puede usar como estadístico de prueba para verificar si dos variables aleatorias son estadísticamente independientes. Se supone que los n pares de observaciones se seleccionan aleatoriamente y por tanto, la hipótesis de independencia entre las variables implica una asignación aleatoria de los n rangos en cada muestra. El test de Spearman es sensible a algunos tipos de dependencia, de modo que es preferible ser específico sobre el tipo de dependencia que puede ser detectado. Por lo tanto las hipótesis toman la siguiente forma:

- 1) H : las variables aleatorias X_i, Y_i son estadísticamente independientes.
 - A: a. Hay tendencia a aparear valores grandes de X con valores grandes de Y.
 - b. Hay tendencia a aparear valores pequeños de X con valores grandes de Y y viceversa.

- 2) Prueba sencilla para correlación positiva

H : las variables aleatorias X_i, Y_i son estadísticamente independientes

A : Hay tendencia a aparear valores grandes de X con valores grandes de Y.

- 3) Prueba sencilla para correlación negativa

H: las variables aleatorias X_i, Y_i son estadísticamente independientes

A : Hay tendencia a aparear valores pequeños de X con valores grandes de Y y viceversa.

¹⁸ MORENO. Op. Cit. p52

1.6.7 Prueba U de Mann-Whitney para comparar dos poblaciones. En el caso de la hipótesis respecto a los posibles cambios a corto plazo resultantes de la intervención 5S sobre las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo, los investigadores desean corroborar esta hipótesis mediante una prueba no paramétrica. Específicamente con la prueba de Mann-Whitney, la cual es una prueba de localización y forma. Anna Hart comenta respecto a esta prueba: *“Given two independent samples, it tests whether one variable tends to have values higher than the other. One form of the test statistic is an estimate of the probability that one variable is less than the other, although this statistic is not output by many statistical packages. In the case where the only distributional difference is a shift in location, this can indeed be described as a difference in medians. Hence, for example, the online help facility in Minitab 10.51 states that the Mann-Whitney test is “a two-sample rank test for the difference between two population medians . . . It assumes that the data are independent random samples from two populations that have the same shape.”*¹⁹. Dado que en la prueba de hipótesis que nos ocupa, deseamos estimar el efecto que sobre las métricas de manufactura seleccionadas tiene la intervención (tratamiento) de los principios 5S, la prueba de Mann Whitney en términos de diferencias en medianas, nos permite corroborar si realizada la intervención 5S hay tendencia a arrojar valores más altos (para el caso de calidad y productividad) o menores para el contraste del tiempo de ciclo.

Moreno T. Wilfredo nos dice respecto a esta prueba: “La situación en la cual se puede aplicar el test es similar a la presentada en el test t_0 para muestras independientes, es decir, se tienen dos poblaciones, o la misma antes y después de aplicarle un tratamiento. Se desea detectar diferencias entre las dos poblaciones sobre la base de muestras aleatorias independientes de esas dos poblaciones”²⁰.

¹⁹ Mann-Whitney test is not just a test of medians: differences in spread can be important. Anna Hart, principal lecturer. Recuperado el 28 de Julio de 2006 de <http://bmj.bmjournals.com/cgi/content/full/323/7309/391>

²⁰ MORENO. Op. Cit. pp. 43.

El procedimiento consiste en combinar las dos muestras en una sola y asignar rangos desde 1 hasta $n+m$, según el orden de magnitud. Si hay empates en los valores de las observaciones se promedian los rangos y se asigna ese promedio a cada una. Luego el test estadístico puede ser la suma de los rangos asignados a aquellos valores procedentes de una de las dos poblaciones. Si la suma es demasiado pequeña, o demasiado grande, hay indicación de que los valores de una población tienden a ser pequeños o mayores, según el caso, que los de la otra población. Por lo tanto la hipótesis que no hay diferencia entre las dos poblaciones puede ser rechazada.

Cuando se agrega la asunción de que si hay alguna diferencia entre las distribuciones de X y Y ésta es la localización, las hipótesis se pueden enunciar como:

1. $H : E(X) = E(Y)$
 $A : E(X) \neq E(Y)$
2. $H : E(X) \geq E(Y)$
 $A: E(X) < E(Y)$ para métrica de calidad, productividad
3. $H : E(X) \leq E(Y)$
 $A: E(X) > E(Y)$ para métrica de T ciclo

Sea $S = \sum R(X_i)$ la suma de los rangos asignados a las observaciones sobre la variable X_i (antes del tratamiento);

El estadístico T esta dado por: $T = S - n(n+1)/2$

Regla de decisión. Los cuantiles X_α de T están dados por la tabla _ ver anexo_, para $\alpha = 0.0001$ hasta 0.10 ; el cuantil superior no se da pero, se puede calcular al sustraer de mn , $X_\alpha = mn - X_{1-\alpha}$ para $\alpha > 0.5$."

1.7 ANTECEDENTES DE INVESTIGACIONES Y TRABAJOS RECIENTES

Los investigadores han buscado infructuosamente en el medio por antecedentes documentados de investigaciones similares a la planteada sin encontrar alguna semejante; aparte de una implementación documentada del programa en la CAS (Corporación Autónoma de Santander) bastante alejado de las características de este estudio. Ampliando la búsqueda a otras latitudes, se han encontrado algunos estudios que plantean relaciones alrededor de las 5S que aquí se referencian brevemente.

En México, la tesis de grado de Roberto Ortiz Salazar titulada “Estudio sobre la relación del programa 5S y la filosofía Deming en empresas de Monterrey y su área Metropolitana” busca determinar la relación que guarda la práctica de las 5S con algunos puntos de la filosofía Deming. Es decir, identificar si en las empresas de la localidad los aspectos de liderazgo, mejoramiento continuo, eliminación de barreras entre departamentos y por consecuencia la adopción de la calidad como forma de vida en el trabajo, están *relacionados* directamente con elementos como los manejados en las 5S (Clasificación, organización, limpieza, bienestar personal y disciplina).

Otros trabajos giran en torno a la aplicación de los principios 5S en diferentes contextos empresariales y económicos como el realizado por Mary Eocha en el Reino Unido referente a la influencia de la cultura de la compañía, comunicaciones y actitudes del empleado en el uso de 5S en la compañía Cooke Brothers Ltd.

Samuel K.M. Ho, en su artículo “auditoría a las 5S” aparecido en *Managerial Auditing Journal* (Bradford: 1999.Vol.14, Iss. 6; pg. 294) referencia 10 casos de empresas en Hong Kong que han logrado a través de las 5S construir las bases para la fabricación Justo-a-tiempo y TQM.

Referente al sector al que pertenece la organización y en términos de caracterización del mismo, se encontró un estudio realizado por el SENA y CARCE en el Área Metropolitana de Bucaramanga, observándose entre otros los siguientes resultados:

Un 42 % de empresas se encuentran certificadas bajo normas ISO 9001. Lo anterior determina un nivel de penetración medio de la filosofía de calidad total y la importancia que le dan las empresas a la implementación de un sistema de gestión de la calidad, por ende, al trabajo por procesos y a la mejora continua, desconociéndose los factores que causan este resultado.

Se hace mejoramiento de procesos en un 69% de las empresas encuestadas. Las necesidades de mejoramiento se establecen en: equipos y maquinaria, Vinculación personal experto, Actualización tecnológica, Diseño de productos, Fabricación de productos, procesos productivos, Capacitación, Sistemas de Gestión de la Calidad e Innovación de productos.

Frente a la medición de los procesos, se tiene que las pocas empresas donde realizan este aspecto, lo hacen utilizando medición con tablas y estándares bajo la norma ISO.

Otro aspecto para destacar es la poca utilización de controles estadísticos en las empresas, al igual que la utilización de equipos de metrología.

Lo anterior representa un riesgo para las empresas del sector por las consecuencias que de ello se deriva como en la calidad de los productos, en el aprovechamiento óptimo de la capacidad instalada, las bajas producciones y los accidentes laborales, entre otros.

También se hace más visible el riesgo de las empresas frente al factor de productividad y competitividad, dado el margen artesanal que se puede inferir en la medición de los productos y el número de empresas que sí lo realizan.

Por último, en la empresa que sirve de laboratorio para el estudio, se encontró un antecedente en el programa SOL (Seguridad, Orden y Limpieza) iniciativa que quedó básicamente en el sólo planteamiento inicial, ante la prioridad dada por la dirección a la adopción de la norma ISO 9001.

1.8 MARCO REFERENCIAL ORGANIZACIÓN $\alpha\beta$ S.A.

Como cierre de este capítulo se incluye a continuación una descripción de la organización tomada como laboratorio de aplicación y el sector al que pertenece, con el fin que el lector pueda referenciar y contextualizar mejor el estudio realizado.

La investigación se realiza en $\alpha\beta$ S.A., empresa que surge en marzo de 2003 como un sueño para los socios, impulsados por el actual gerente que es quien suministra la experiencia y el conocimiento adquiridos en su larga trayectoria y en especial en su actividad en una empresa similar, en la cuál también participaba como gerente, lo que garantiza un recorrido y habilidad en los productos que se desarrollan.

La empresa $\alpha\beta$ S.A. pertenece al gran sector de la industria metalmecánica. El sector a nivel nacional está compuesto por las cadenas siderúrgicas, metalmecánica y bienes de capital, participando en conjunto con el 11.3% del total de la producción nacional (8.8% si no se incluye el sector automotor) y el 10.9% del valor agregado industrial (9.4% sin el automotor). Según Patricia Ramírez, Coordinadora de la Oficina Comercial Proexport Colombia en el Ecuador, el tamaño del sector metalmecánico en Colombia es 4 veces mayor al de textiles y confecciones y la utilización de la capacidad instalada supera el 72,8 por ciento.

1.8.1 Tipo de producción. La producción que se ejecuta es básicamente sobre pedido, los productos se fabrican mediante órdenes de producción. Para los productos que tienen más venta como son torrecillas, varillas de anclaje, tableros se destinan órdenes diferentes para así contar con material en stock.

Normalmente para su programación se apoyan en las 5M. Se define y se calcula cuánta materia prima se va a utilizar, qué personal se va a necesitar (MO) cuáles máquinas se van a requerir, se define la metodología, y en lo posible se hace algún control sobre el medio ambiente.

1.8.2 Procesos. En la organización se manejan los procesos de:

Corte: proceso de corte de chapa de metal, por una acción de cizalla entre dos bordes afilados de corte, para obtener piezas de chapa listas para ser transformadas en procesos posteriores. Generalmente el corte se realiza a lo largo de una línea recta.

Punzonado: operación de corte de chapas o láminas, generalmente en frío, mediante un dispositivo mecánico formado por dos herramientas: el punzón y la matriz. La aplicación de una fuerza de compresión sobre el punzón obliga a éste a penetrar en la chapa, creando una deformación inicial en régimen elastoplástico seguida de un cizallamiento y rotura del material por propagación rápida de fisuras entre las aristas de corte del punzón y matriz. El proceso termina con la expulsión de la pieza cortada.

Doblado: se efectúa al obligar al material a doblarse a lo largo de un eje. Entre los procesos por doblado están el doblado, pelado, corrugado y rechazado en alta velocidad,

Soldadura: es un metal fundido que une dos piezas de metal, de la misma manera que realiza la operación de derretir una aleación para unir dos metales, pero

diferente de cuando se sueldan dos piezas de metal para que se unan entre si formando una unión soldada.

Taladrado: el taladrado es una operación de mecanizado con arranque de viruta que consiste en generar agujeros mediante una herramienta rotativa, la broca, con la pieza fija.

Galvanizado en caliente: protección contra la corrosión de toda clase de piezas de hierro y acero mediante inmersión de los mismos en un crisol con zinc fundido.

Pintura: proceso de recubrir con base antioxidante las piezas de acero.

1.8.3 Productos. La producción de la Empresa $\alpha\beta$ S.A. está orientada a satisfacer las necesidades de los sectores eléctrico y de construcción; también presta servicios especializados así como se observa en la siguiente tabla. (Ver Tabla 3.).

Tabla 3. Productos y Servicios de la empresa $\alpha\beta$ S.A

SECTOR ELÉCTRICO	SECTOR CONSTRUCCIÓN
<ul style="list-style-type: none"> • Torres de transmisión; baja, media y alta tensión. • Torrecillas metálicas. • sub.-Estaciones. • Herrajes eléctricos, crucetas, diagonales, abrazaderas, grapas prensoras, varillas de anclaje, arandelas cuadradas, perchas, etc. • Postes metálicos. • Modificaciones, reparaciones a estructuras. • Materiales Eléctricos. • Ingeniería y Proyectos. • Montajes. • Bandejas porta cable. 	<ul style="list-style-type: none"> • Venta y alquiler de: formaleta metálica, párales, cerchas y andamios. • Diseño, fabricación y montaje de estructuras metálicas, edificios metálicos. • Puentes metálicos. • Herrajes para puentes. • Señalización y barandas de protección vial • Ingeniería y Proyectos. • Montajes.

SERVICIOS

Servicios de: galvanizado en caliente según normas (Cuba 6.50 m x 1.10m), mecanizado, soldadura, cortes, asesorías en modulación de proyectos de construcción.

1.8.4 Algunas cifras del sector. La empresa $\alpha\beta$ S.A. pertenece al gran sector de la industria metalmecánica. El sector está compuesto por las cadenas siderúrgicas, metalmecánica y bienes de capital, participando en conjunto con el 11.3% del total de la producción nacional (8.8% si no se incluye el sector automotor) y el 10.9% del valor agregado industrial (9.4% sin el automotor). Según Patricia Ramírez:

“El tamaño del sector metalmecánico en Colombia es 4 veces mayor al de textiles y confecciones y la utilización de la capacidad instalada supera el 72,8%. Las exportaciones del sector hacia Estados Unidos han aumentado en los últimos años. En el 2004, el 20,95% de las exportaciones del sector se realizaron a ese país, el 10% a Costa Rica, el 8,48% a Ecuador, el 7,82% a Venezuela, el 6,13% a Italia y el 5,56% a Perú. De otra parte, a partir del año 2000, el problema de inseguridad para el sector metalmecánico ha disminuido notablemente, en especial desde mediados de 2002”²².

1.9 ELEMENTOS Y VALIDEZ DE UN ESTUDIO DE CASO

La presente investigación plantea un estudio de caso específico, con el fin de demostrar un tema determinado, es así como en esta sección se plantean elementos teóricos que soportan el enfoque de caso como herramienta de descubrimiento de explicaciones causales.

En primer lugar se puede definir el estudio de caso como una metodología de análisis grupal, cuyo aspecto cualitativo permite extraer conclusiones de fenómenos reales o simulados en una línea formativa, de investigación y/o

²² <http://www.proexport.com.co/VBeContent/library/documents/DocNewsNo4973DocumentNo4154.HTM>

desarrollo de la personalidad humana o de cualquiera otra realidad individualizada y única.

Un estudio de caso es, según la definición de Yin (1994, pág. 13), “una investigación empírica que estudia un fenómeno contemporáneo dentro de su contexto de la vida real, especialmente cuando los límites entre el fenómeno y su contexto no son claramente evidentes. Una investigación de estudio de caso trata exitosamente con una situación técnicamente distintiva en la cual hay muchas más variables de interés que datos observacionales; y, como resultado, se basa en múltiples fuentes de evidencia, con datos que deben converger en un estilo de triangulación; y, también como resultado, se beneficia del desarrollo previo de proposiciones teóricas que guían la recolección y el análisis de datos.”

Los casos son particularmente válidos cuando se presentan preguntas del tipo "cómo" o "por qué", cuando el investigador tiene poco control sobre los acontecimientos y cuando el tema es contemporáneo.

Por buscar los mecanismos causales, el método del caso permite acercarse a los fenómenos de interés y evitar que ocurra lo que describe Daft (1983): “Como revisor de artículos, se me hace dolorosamente claro que muchos autores nunca han visto o sido testigos de los fenómenos sobre los cuales escriben. Los autores no pueden dar un ejemplo para ilustrar un punto. Pasan por un momento enormemente difícil al pensar debajo de los coeficientes de correlación para discutir lo que los coeficientes representan en términos de actividades y procesos organizacionales. Los autores típicamente reportan descripciones muy tenues de un gran número de relaciones, y nunca consideran el porqué de las correlaciones, tratando solamente con el hecho de que la variable Y está relacionada con la variable Z, como si eso fuera todo”.

Tanto el método de caso como los estudios estadísticos y otros enfoques cuantitativos buscan desarrollar teorías con consecuencias verificables

empíricamente. Sin embargo, la lógica de la metodología es distinta entre ellos en cuanto a la selección de muestras, la operacionalización de variables y el uso de la inferencia; específicamente, el método del caso propone la generalización y la inferencia “hacia la teoría” y no hacia otros casos.

El caso no permite generalizar sus conclusiones a toda una población. Esta falencia no permitiría generalizar los hallazgos a otros “casos” que no fueran el estudiado, ya sea por razones del pequeño tamaño de la muestra de casos utilizada o por la falta de representatividad de los casos elegidos. Una forma de evitar este problema es considerar al caso como una etapa preliminar de un estudio que luego buscará resultados generales a través de los medios estadísticos propios de la econometría, por ejemplo; o bien se busca introducir dentro del caso datos cuantitativos que permitan “endurecer” los hallazgos cualitativos.

1.9.1 Fases de un estudio de caso. Un estudio de caso tiene en general los siguientes pasos (George et al. (2005), Yin (1994)):

1. Diseño del estudio: se establecen los objetivos del estudio, se realiza el diseño propiamente dicho, y se elabora la estructura de la investigación.
2. Realización del estudio: se prepara la actividad de recolección de datos y se recoge la evidencia, en todas las fuentes del caso.
3. Análisis y conclusiones: se analiza la evidencia. Cuando se trabaja en explicaciones causales (como en esta investigación) la dinámica operativa lleva a buscar la coincidencia de patrones, que relaciona diversos tipos de información del mismo caso con alguna proposición teórica. Un ejemplo de esta coincidencia es la existencia de una relación sistemática entre variables.

1.9.2 Diseño de estudios de casos. Un diseño de investigación se compone de cinco componentes (Yin (1994)):

1) Las preguntas del estudio; 2) Sus proposiciones, si existieran; 3) Su unidad de análisis (pueden ser varias); 4) La lógica que vincula los datos con las proposiciones y 5) Los criterios para interpretar los hallazgos.

Los diseños pueden ser de un caso simple o de múltiples casos y, por otra parte, holísticos o encapsulados, según se utilice una o varias unidades de análisis.

Estos diseños se presentan en una matriz de dos dimensiones, como se observa en la Tabla 4.

Tabla 4. Tipos básicos de diseño para estudios de casos. Fuente: Yin (1994).

	Diseños de Caso único	Diseños de múltiples casos
Holístico (unidad de análisis única)	Tipo 1	Tipo 3
Encapsulado (Múltiples unidades de análisis)	Tipo 2	Tipo 4

Si se examinan una o varias sub-unidades de una organización o programa, se utiliza un enfoque encapsulado.

Los diseños simples se utilizan cuando un caso crítico permite probar una nueva teoría, o establece las circunstancias en que valdrían ciertas proposiciones.

1.9.3 El papel de la teoría en el estudio de caso. El estudio (explicativo) de caso viene de la teoría y va hacia ella. Antes de iniciar el trabajo de campo, el estudio debe ser precedido por el desarrollo de una teoría que permita la observación. La observación está siempre acompañada de una teoría, aunque sea

incipiente. Todo buen diseño incorpora una teoría, que sirve como plano general de la investigación, de la búsqueda de datos y de su interpretación. En las teorías se relacionan unidades observadas y unidades aproximadas. Las unidades observadas son las variables que se pueden medir. Las variables se relacionan entre sí por medio de hipótesis; las construcciones conceptuales, por medio de proposiciones. Además de variables y construcciones conceptuales, una teoría tiene supuestos.

“En la administración cuando estudiamos casos no estamos buscando prioritariamente el pronóstico o el deleite. Nuestro objetivo primero es, en general, crear teorías para explicar los fenómenos. Por supuesto, si las teorías predicen y deleitan, mejor, pero estamos tranquilos si al menos explican... si presentan una serie de conexiones lógicas que lleven de las causas al efecto”.

1.9.4 Concepto e importancia de la validez. La validez de un estudio es la cualidad que lo hace creíble y da testimonio del rigor con el cual se realizó. La validez implica relevancia del estudio con respecto a sus objetivos, así como coherencia lógica entre sus componentes. Un caso tendrá resultados válidos si todos los procesos se monitorean adecuadamente, desde el diseño del caso y el desarrollo del trabajo de campo hasta la preparación del informe y la difusión de sus resultados. Se consideran cuatro aspectos de la validez, que se aplican en general a los estudios empíricos de las ciencias sociales:

- ✓ Validez de la construcción conceptual: implica operacionalizar las métricas que se utilizarán durante el estudio para poder inferir legítimamente, a partir de estas métricas, hacia las construcciones conceptuales que les dieron origen (construct validity).
- ✓ Validez interna: es la lógica de la causalidad de un estudio explicativo, y está vinculada con la verdad de las inferencias que se realizan para determinar las causas de los fenómenos. La clave de la validez interna es mostrar que lo que ocurrió con tales variables efectivamente causó lo que ocurrió en tales otras.

- ✓ Validez externa: establece el dominio al cual pueden generalizarse los hallazgos del estudio. La validez que nos interesa es la que lleva a la generalización analítica, por la cual los resultados se generalizan hacia una teoría más amplia, que permita en el futuro identificar otros casos en que los resultados del primero sean válidos.
- ✓ Fiabilidad: demuestra que las operaciones de un estudio pueden repetirse con los mismos resultados. Está vinculada con la calidad de la medición. En términos técnicos, es necesario contar con un protocolo del caso y construir una base de datos con la información recopilada a medida que el proyecto de investigación se va realizando²³.

²³ El estudio de caso como metodología de investigación; teoría, mecanismos causales, validación. Yacuzzi Enrique. Artículo. Recuperado de www.cema.edu.ar 7 sept, 2006

2. METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

En este capítulo se exponen la metodología y métodos que se usaron para la investigación de campo. En este orden de ideas, se destacan aquí el diseño de la investigación; el marco de tiempo durante el cual se realizó el trabajo de campo; las variables empleadas, y el proceso para la obtención de los datos referente a las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo, el tratamiento aplicado para la intervención 5S realizada, el instrumento usado para medir el nivel 5S, dedicando especial atención a las pruebas estadísticas empleadas.

2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

Esta investigación busca establecer la relación entre las métricas de calidad; productividad y tiempo de ciclo con la métrica para el nivel 5S y medir sus cambios en un horizonte de intervención de 9 meses.

Cuando se trata de establecer relaciones como las planteadas, se debe considerar que existen tres categorías de relaciones entre dos variables cualesquiera. 1) Una relación simétrica en la cual las variables fluctúan (X se mueve como se mueve Y) pero la una no es la causa de la fluctuación de la otra. 2) Relación recíproca: las dos variables se influyen mutuamente y 3) relación asimétrica: esta relación establece que los cambios en la variable independiente son responsables de los cambios en la variable dependiente. Los investigadores consideran que las variables consideradas en las sub-hipótesis planteadas en el estudio son simétricas, lo que significa que no se considera que la implementación 5S sea necesariamente la variable independiente y las métricas de manufactura para productividad, calidad y tiempo de ciclo sean las variables dependientes, en razón a la existencia de otros factores (v.g. la implantación ISO 9001) involucrados

simultáneamente durante el periodo de estudio, sin embargo se quiso demostrar si las métricas de manufactura mencionadas mejoraban en la medida que lo hacían los registros 5S en el periodo de 9 meses cubiertos por el estudio. En este sentido los investigadores están viendo si la productividad, calidad y tiempo de ciclo suben, bajan o permanecen igual durante la implementación 5S; además de traducir sus resultados en los cambios generados en las métricas de manufactura en el corto plazo.

Cuando la relación entre las variables comparadas en un estudio conlleva a que una de ellas es la responsable de los valores que toma la otra, hablamos de un estudio de regresión (causa –efecto). Por el contrario, si ambas variables estas relacionadas pero no podemos establecer cuál es la responsable, hablamos de un estudio de correlación.

Hernandez Sampieri dice:

“Los estudios correlacionales tienen como propósito medir el grado de relación que exista entre dos o más conceptos o variables. Miden las dos o más variables que se pretende ver si están o no relacionadas en los mismos sujetos y después se analiza la correlación. Saber cómo se puede comportar un concepto o variable conociendo el comportamiento de otras variables relacionadas. La correlación puede ser positiva o negativa. Si es positiva, significa que sujetos con altos valores de variable tenderán a mostrar altos valores en la otra variable. Si no hay correlación indica que las variables varían sin seguir un patrón sistemático entre si”²⁴.

Esta investigación es *correlacional*, pues los investigadores básicamente han buscado asociar los datos de los registros 5S con las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo que se definen más adelante, para ver si existía alguna correlación de tales métricas con la intervención 5S realizada en la organización, sin pre-establecer que los cambios en una variable sean la causa de la variación en la otra variable. En otras palabras, se pretende saber cómo se

²⁴ HERNÁNDEZ SANPIERI, Roberto Y otros. Metodología de la investigación. Santafé de Bogotá: Mc Graw Hill.1991, Capítulo 3. pág. 34.

pueden comportar las variable de manufactura conociendo el comportamiento de la variable “nivel 5S” resultante de la intervención durante el periodo de análisis establecido. La correlación puede ser directa significando que altos valores de la variable nivel 5S tenderán a mostrar altos valores en la(s) otra(s) métrica(s) que se relacione (n), inversa cuando a altos valores de 5S (X) correspondan bajos valores de (Y); o podrá no haber correlación significativa indicando que las variables cambian sin seguir un patrón sistemático entre sí.

La Correlación resume la fuerza de la relación entre dos variables, pero es importante reiterar que la correlación no debe interpretarse como causación o efecto, y en ese sentido se toma en esta investigación. La correlación, no distingue entre las variables respuesta y la variable explicativa porque las trata en forma simétrica lo que quiere decir que la correlación que existe entre X y Y es la misma que entre Y y X.

En este orden de ideas, como ya se mencionó, los investigadores consideraron que las variables a correlacionar eran simétricas, lo que significa que no se asumió como variable independiente la intervención 5S ni que las variables calidad, productividad y tiempo de ciclo fueran variables dependientes. Esta metodología se seleccionó en razón a que los investigadores no tienen suficiente control sobre los datos, pues durante el periodo en estudio existía al menos otro factor que podría influenciar el comportamiento de las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo como lo es el programa ISO 9001, lo que impide tener resultados válidos que los aíslen y establezcan una relación causa efecto entre las variables bajo examen. Situación que se sugiere sea materia de un estudio adicional (ver capítulo 5).

En resumen, la investigación no muestra que la implementación 5S cause un incremento, disminución o no tenga efecto sobre las tres variables de manufactura consideradas, lo que los investigadores desean observar es cómo se comportan tanto la productividad, calidad y tiempo de ciclo durante el periodo de intervención

5S. Los investigadores como lo explicitan en sus hipótesis esperan una correlación positiva entre 5S y las métricas de productividad y calidad, y una correlación negativa entre 5S y el tiempo de ciclo

2.2 UNIDAD PRIMARIA DE ANALISIS

La población para el estudio es una PYME del sector metalmecánica que para efectos de proteger la información suministrada se denomina organización $\alpha\beta$ S.A. En esta organización se tomó el departamento de producción para llevar a cabo los análisis en razón a que los investigadores deseaban encontrar la relación de ciertas métricas inherentes a la actividad de manufactura con la intervención 5S realizada en ese departamento.

El departamento está constituido por las secciones de corte, formado, ensamble, galvanizado y pintura.

2.3 TRATAMIENTO

El procedimiento empleado consistió en:

- 1) Hacer evaluación ex ante del departamento: Se diseñaron y midieron indicadores globales para: calidad, productividad y tiempo de ciclo con base en información histórica verificable en los archivos de la empresa, para el efecto se tomaron datos de (9) meses previos con el fin de establecer los comportamientos de las variables antes de la intervención 5S. Con lo anterior se monitoreará el comportamiento de las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo. Igualmente se ejecutó medición del nivel inicial 5S como una base para contrastar su evolución.
- 2) Se realizó intervención 5S en el departamento de producción mediante la metodología que se resume en la figura 7 siguiente y que se detalla a renglón

seguido. Es de resaltar que para este proceso los investigadores apelaron a un trabajo previo de recolección de información de diversas fuentes y autores respecto a las metodologías recomendadas para ejecutar una intervención 5S, las cuales se incluyen en el apéndice.

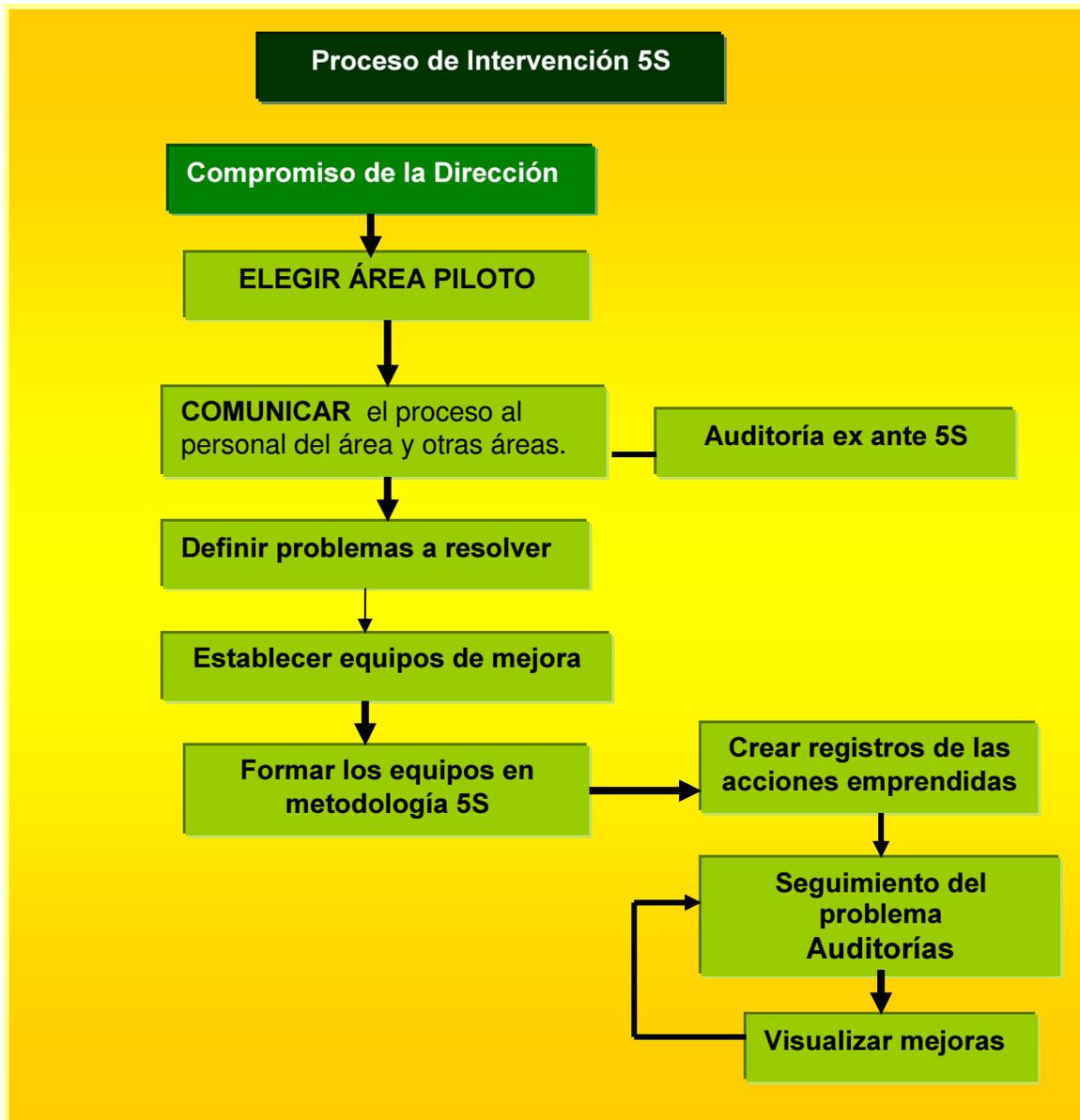


Figura 7.
Metodología Intervención 5S

Así como se observa la figura anterior, a continuación se explican cada una de sus partes:

Compromiso de la dirección: el primer paso fue establecer el compromiso de la alta dirección de la organización representada por su Junta directiva y Gerente en razón a que las 5S no son un programa coyuntural y depende de la alta administración que sean empleadas de la manera adecuada y sean interiorizadas por todos los miembros de la organización.

Área piloto: se seleccionó el área piloto que tratándose de una manufactura y dados los objetivos del estudio, fue el departamento de producción.

Comunicación: se elaboró e hizo envío de comunicados de distintas maneras, incluyendo; carteleras de anuncios y charlas puntuales de 15 minutos antes del inicio de actividades laborales.

Definición de problemas a resolver: se identificaron secciones y áreas prioritarias dentro del departamento para la aplicación de las 5S, caracterizadas porque eran muy visibles, congestionadas o sucias.

Establecimiento de equipos de mejora: se conformaron equipos líderes 5S en cada sección, seleccionados con base en su liderazgo, experiencia, compromiso voluntad y entusiasmo de colaborar con el programa.

Formación en Metodología 5S: se definieron los objetivos del programa de entrenamiento en la herramienta, el cual buscó a nivel del personal interno:

- a. Introducir el concepto de las 5S para promover su uso como la técnica primaria de mejoramiento en organización personal, salud y seguridad, y actuación, continuamente. Preparación de materiales didácticos (El material de capacitación para Directivos y Mandos Intermedios);

- b. El enfoque en los individuos tomando responsabilidad por sus áreas y acciones, preparándose a cambiar actitudes y prácticas, y estimular a otros para que cambien también;
- c. Estimular la participación y formación de equipos de trabajo en todo el negocio.

El plan ejecutado de entrenamiento en resumen fue el siguiente:

I. Se programó un seminario taller de 4 horas de duración en dos sesiones de 2 horas dirigido a todos los empleados de manufactura incluidos los directivos, con el fin de exponer la filosofía 5S, beneficios de su implementación, mostrar evidencias fotográficas de planes ejecutados en otros países.

II. Se programaron para cada sección, 5 días de actividades, uno para cada S, así:

Primer día de las 5S Organización (deshacernos de cosas que no necesitamos).

Segundo día de las 5S Clasificación (asignar nomenclaturas y ubicaciones).

Tercer día de las 5S - Limpieza (Todos juntos limpiamos la casa).

Cuarto día de las 5S – Estandarización (administración visual y transparencia de los objetos).

Quinto día de las 5S Disciplina (Hacer su propia auditoría de las 5S).

III. Se programaron actividades diarias de 5S para todos con el fin de reforzar los logros y establecer el hábito.

IV. Con base en las auditorias periódicas se realizó premiación a la mejor sección 5S, que incluyó la publicación en las carteleras de toda la empresa,

destacándose la entrega de menciones y reconocimientos públicos a las personas y áreas destacadas en la aplicación del programa.

Creación de registros: se trató de documentar los avances logrados mediante fotografías del antes y después en áreas problemáticas. Igualmente se adoptó el formato para realizar las auditorías ex post para el mantenimiento del programa.

Auditorías: las evaluaciones periódicas se planearon para verificar, mantener y mejorar las condiciones 5S, retroalimentando los resultados a las partes interesadas.

Visualizar mejoras: la administración visual generada por la aplicación del programa 5S permite en un solo golpe de vista evaluar el estado normal y estado anormal del taller.

3) Análisis ex-post de nivel 5S y las demás métricas durante un periodo de 9 meses. Para el efecto se realizaron auditorías ex-post de 5S en el Dpto. de producción mediante el mismo formato utilizado para la medición previa. Esta medición fue ejecutada por los investigadores para evitar al máximo errores de apreciación en las evaluaciones. Con respecto al comportamiento de las métricas de productividad, calidad y tiempo de ciclo se extrajeron de los formatos pertinentes con la colaboración del jefe de producción y la ingeniera encargada del proyecto ISO 9001.

4) Se aplicó la teoría de la correlación estadística para buscar la afinidad de los binomios calidad versus Nivel 5S; productividad versus Nivel 5S; Tiempo de ciclo versus nivel 5S tomados de datos disponibles para un periodo de 9 meses, aplicando la prueba de significancia para el coeficiente de correlación. Igualmente se establecieron los cambios alcanzados en las demás métricas utilizando la prueba de Mann Whitney cuyo proceso de aplicación detallada se esbozó en el marco teórico y será presentada en el capítulo 4.

5) Conforme los resultados anteriores de la correlación se emitirán las conclusiones y sugerencias para este y nuevos estudios.

2.4 VARIABLES Y METRICAS

Ocupa los siguientes ítems la definición de las métricas involucradas en el estudio, así como la forma de obtener los datos. Inspira esta sección el siguiente pensamiento de un gran científico: "Cuando tú puedes medir algo sobre lo que tú estás hablando y expresarlo en números, entonces tú sabes algo acerca de eso. De otra forma el conocimiento que posees es magro y estrecho; puede ser el comienzo del conocimiento, pero no has avanzado al estado en que este conocimiento se vuelve ciencia". Lord Kelvin, 1824-1904.

2.4.1 Métrica para evaluar nivel 5S. Para la evaluación del nivel de 5S se tomará en cuenta un cuestionario de auditoría 5S elaborado por los investigadores, donde para cada pilar se desarrollan 4 preguntas, con un valor total de 20 puntos, las cuales son ponderadas en una escala de 0 a 5 donde 0 representa muy malo (la ausencia del aspecto) 1 representa *deficiente*, 2 representa aceptable, 3 representa bueno, 4 representa muy bueno, 5 excelente. En el anexo 1 se muestra el formulario utilizado. Estas auditorías fueron aplicadas cada mes directamente por los investigadores.

Dado que la apariencia del lugar de trabajo se transforma rápidamente, es necesario documentar el punto de partida y los logros parciales alcanzados, para ello se realizó la auditoria ex - ante y se realizaron estas auditorías mensuales, métrica que es contrastada con las de calidad, productividad y tiempo de ciclo.

2.4.2 Métrica para tiempo de ciclo. Para la elaboración de este indicador se partió de una concepción general del tiempo de ciclo de un producto, como el periodo transcurrido entre el momento que se recibe en el departamento de producción la orden de fabricar determinado artículo, y el momento en que dicho

artículo u orden es despachada al cliente (descargue de almacén de productos terminados). Como la organización maneja diversas referencias de productos, y la situación ideal fuese la producción de un solo artículo, se consideró adecuado para representar más objetivamente la realidad de ésta variable, tomar una métrica con base en un elemento común a todos los productos como es la materia prima básica (chapa, varilla acero A36) habida cuenta que ésta tiene una importancia promedio igual o mayor del 80 % como componente del producto final; y cuantificar el tiempo de transformación o proceso por tonelada equivalente desde el inicio de cada orden hasta convertirla en producto terminado listo para despacho, llegándose a un promedio ponderado para el tiempo de proceso/tonelada de producto terminado de las diferentes ordenes procesadas en el periodo considerado. Esta definición de tiempo de ciclo se ilustra en la Figura 8.

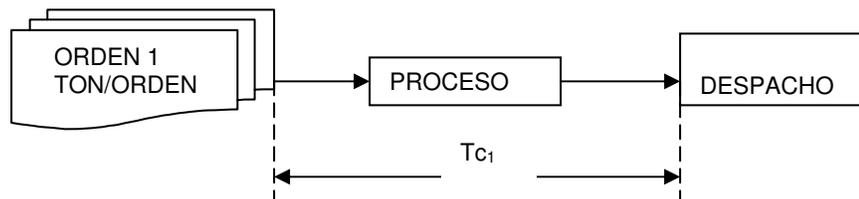


Figura 8
Tiempo de ciclo

Se aplica con la fórmula siguiente:

$$T_{C_{\text{periodo}}} = \frac{\sum^n \text{tiempo proceso}_i / \text{orden}_i}{\sum \text{Toneladas procesadas/orden}_i}$$

Para el periodo mensual, la métrica es resultante de dividir un numerador compuesto por la sumatoria del tiempo que implica fabricar las distintas órdenes hasta estar lista para despacho al cliente, dividido entre la sumatoria de las toneladas de m/p necesarias para fabricar dichas órdenes.

Período: se toma a intervalos mensuales

Nota: si al final del periodo quedaron órdenes en proceso, no se toman en cuenta para la métrica del periodo.

2.4.3 Métrica para calidad. En el proceso de búsqueda de una métrica para la calidad, los investigadores consideraron dos opciones:

1) Con la popularidad de los estándares ISO 9000, considerar los costos de calidad como una herramienta para medir la mejora en la calidad. En este caso se asocia el costo de la calidad con relación a las ventas de los productos manufacturados, en cuyo caso el indicador se diseña como:

$$\text{Costo Calidad/periodo} = \frac{C_{\text{prevención}} + C_{\text{evaluación}} + (C_{\text{falla interna}}) + (C_{\text{falla externa}})}{(\text{Ventas Bienes manufacturados})}$$

2) Usar el concepto de medir el nivel de aceptación o rechazo guiados por la filosofía de hacer las cosas bien a la primera vez, utilizando los registros de inspección.

En razón a que los investigadores hallaron algunas inconsistencias en los registros de la información referente a los diversos costos de la calidad (prevención, evaluación, fallas internas y fallas externas) se decidió usar la métrica basada en el concepto de calidad de "Hacer las cosas bien a la primera vez, siempre", por su mayor simplicidad, y precisión en los registros históricos llevados para soportar el sistema ISO 9001.

Esta métrica tiene su soporte en que:

- Hacer las cosas bien es cumplir con los requerimientos establecidos
- Se tiene en cuenta sólo las partes aprobadas la primera vez que se someten a control, esto significa que hemos adoptado las medidas preventivas para evitar la no-conformidad y el reproceso.

- Siempre, pues se debe tener la actitud del “Cero Defecto”.

Aspectos todos, que pueden darse bajo una intervención 5S en el gamba.

$$C = \frac{\sum \text{partes_aprobadas / periodo}}{\sum \text{partes_inspeccionadas / periodo}}$$

El objetivo de esta métrica es cumplir el 100% de aceptación, equivalente a cero rechazos.

2.4.4 Métrica para productividad. Con respecto a la medición de la productividad, (Chase Alquilano, 2004. p 38-40) afirma:

“La productividad es una medida corriente de que tan bien está utilizando sus recursos(o factores de producción) un país, una industria, o una unidad empresarial. En su sentido más amplio se define como: Productividad = Producción/ Insumos”.

La productividad se puede expresar a manera de mediciones parciales multifactoriales o totales. Para esta investigación interesa una medida total de productividad, pues se requiere describir la productividad de la organización manufacturera evidenciada por los bienes producidos respecto al total de recursos utilizados en base a periodos mensuales. Los datos para esta métrica se obtuvieron de los registros contables y de costos de la organización por lo que se consideran fiables para efectos del estudio.

El indicador se calculó para cada periodo mensual con base en la siguiente fórmula:

$$Prod = \frac{Pr oducción_$/ periodo}{Total_insumos}$$

2.5 PRUEBAS ESTADÍSTICAS PARA LAS HIPOTESIS

Prueba estadística para correlación entre 5S y las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo.

Es indispensable una forma de evaluar si las dos cantidades medidas están variando como lo predicen las hipótesis o si cualquier relación aparente es debida a azar. Ya en el marco teórico se expuso lo referente a los aspectos a tener en cuenta para realizar un análisis de correlación, en este capítulo se precisa la metodología de las pruebas realizadas cuyos resultados se exponen en el capítulo 3.

Varios factores van a determinar la prueba estadística a utilizar. Como ya se advirtió en el marco teórico, la distribución de las variables que interesa comparar es importante a la hora de establecer la prueba estadística que permita evaluar la hipótesis nula, de forma que si se asume que la distribución es normal y cumple algunas otras condiciones, se utilizarán los denominados test paramétricos, de lo contrario se tendría que emplear la opción de los llamados test no paramétricos o de distribución libre, que se basan en los rangos de distribución de la variable.

Si los procedimientos estadísticos no requieren el planteamiento de inferencias acerca de los parámetros de la población (su media y dispersión) se le conoce como no paramétricos, o de distribución libre (ya que no se hacen suposiciones acerca de la distribución de la población de donde procede la muestra). Las pruebas no paramétricas son menos potentes, son más exigentes al rechazar la hipótesis nula y por tanto tienen menos posibilidades de acertar cuando no la rechazan (más posibilidades de cometer un error tipo beta). Con las pruebas no paramétricas se puede trabajar con muestras pequeñas de datos categóricos u ordinales, independientemente de la distribución de las muestras que se desea contrastar. Por otro lado, la potencia aumenta con el tamaño de la muestra; de

esta forma, para conseguir la misma potencia con una prueba no paramétrica, bastará con aumentar el tamaño de la muestra en una cantidad determinada²⁵.

Con base en lo expuesto en el marco teórico y los fundamentos mencionados aquí, los investigadores definieron los tipos de pruebas que consideraron más apropiadas para probar las hipótesis enunciadas.

Para probar las hipótesis referentes al grado de asociación entre la intervención 5S y las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo, se tuvo en cuenta que el desconocimiento o falta de evidencia que poseen los investigadores respecto a la distribución de las variables estudiadas y la presencia de una muestra pequeña, los condujeron a la utilización de una prueba no paramétrica, mediante el empleo del coeficiente de correlación de Spearman.

No se emplea el método de ANOVA para probar las hipótesis pues los investigadores no consideran tener en el estudio las condiciones estadísticas que se requieren para poder aplicar el ANOVA que son tres: 1) Distribución normal de la variable en los distintos subgrupos determinados por las categorías del factor (o todos los factores si hubiera más de uno), 2) Homogeneidad de las varianzas y 3) Que se trate de muestras independientes.

Para la hipótesis respecto al impacto en el corto plazo, se seleccionó también una prueba no paramétrica, el test de Mann Whitney, la cual es enunciada en el ítem 2.5.4.

2.5.1 Hipótesis relación 5S y productividad

H_0 : No existe correlación entre el uso de prácticas 5S y la productividad.

²⁵ Estadística para los clínicos (III)

Pruebas estadísticas para el contraste de hipótesis (1,2) Enrique de Ramón Garrido, Oscar Fernández Fernández, Gloria Luque Fernández, Unidad de Investigación Clínico-Experimental. Servicio de Neurología. Hospital Regional de SAS "Carlos Haya" de Málaga.
<http://www.fedem.org/revista/n7/estadistica.html>

$$H_0: \rho = 0$$

H_a = El uso de prácticas 5S se correlaciona positivamente con la productividad.

$$H_a: \rho > 0$$

2.5.2 Hipótesis para la relación 5S – Calidad

H_0 = No existe correlación entre el uso de prácticas 5S y la calidad.

$$H_0: \rho = 0$$

H_a = El uso de prácticas 5S se correlaciona positivamente con la calidad.

$$H_a: \rho > 0$$

2.5.3 Hipótesis para la relación 5S – tiempo de ciclo

H_0 = No existe correlación entre el uso de las prácticas 5S y el tiempo de ciclo

$$H_0: \rho = 0$$

H_a = El uso de las prácticas 5S se correlaciona en forma inversa con el tiempo de ciclo, es decir a mayor registro 5S, se espera un menor T_c .

$$H_a: \rho < 0$$

2.5.4 Prueba estadística para detectar diferencias entre dos poblaciones antes y después de aplicarles un tratamiento (Test de Mann Whitney).

Cuando los investigadores requieren una prueba estadística para detectar una diferencia en localización entre dos poblaciones; la situación típica es que las distribuciones de tales poblaciones bajo la hipótesis nula tienen formas desconocidas pero iguales, y el investigador tiene muestras aleatorias independientes de ambas poblaciones. En este marco, es común que el investigador use la prueba propuesta de manera independiente por Wilcoxon (1945), y Mann y Whitney (1947). Su popularidad se debe, entre otras causas, a que el valor de su estadística de prueba y sus valores críticos pueden obtenerse fácilmente. Por otro lado, esta prueba tiene propiedades deseables como el que su

estadística de prueba sea de distribución libre y asintóticamente Normal (Randles y Wolfe, 1979)²⁶.

La U de Mann-Whitney es la más popular de las pruebas para el estudio de dos muestras independientes. Es equivalente a la prueba de suma de rangos de Wilcoxon y a la prueba de dos grupos de Kruskal-Wallis. Es la alternativa no paramétrica a la comparación de dos promedios independientes a través de la t de Student. Se utiliza cuando se desea efectuar la comparación de dos grupos en quienes se les ha medido una variable cuantitativa continua que no tiene una distribución normal o cuando la variable es de tipo cuantitativa discreta. Las observaciones de ambos grupos se combinan y acomodan, con el rango promedio en el caso de pares.

2.5.4.1 Definición. Es una prueba no-paramétrica usada para comparar dos grupos independientes de datos muestrales. Se observa el mismo grupo de personas o cosas en dos momentos diferentes de tiempo: antes y después bajo dos circunstancias distintas o tratamientos.

2.5.4.2 Suposiciones. Tiene tres asunciones: 1) La variable independiente es dicotómica y la escala de medición de la variable dependiente es al menos ordinal; 2) Los datos son de muestras aleatorias de observaciones independientes de dos grupos independientes, por lo que no hay observaciones repetidas; 3) La distribución de la población de la variable dependiente para los dos grupos independientes comparte una forma similar no especificada, aunque con una posible diferencia en las medidas de tendencia central, diferente al test paramétrico, éste no hace suposiciones respecto a la distribución de los datos. (ej. Dist. normal).

²⁶ RANDES, R. H., and D. A. Wolfe 1979. Introduction to the Theory of Nonparametric Statistics. John Wiley & Sons. New York . 450 p.

2.5.4.3 Características. Esta prueba es una alternativa al test t de independencia de grupos cuando no puede suponerse la normalidad o igualdad de varianzas. La prueba usa los rangos de los datos en lugar de sus valores brutos para calcular el estadístico. Dado que esta prueba no hace suposiciones de la distribución, no es tan poderoso como la prueba t.

“Cuando se agrega la suposición de que si hay alguna diferencia entre las distribuciones de X y Y, ésta es en la localización, la hipótesis de nuestro se pueden enunciar para la hipótesis concreta que nos ocupa como”:

El planteo para el caso del comportamiento de las variables calidad y productividad antes y después de la intervención 5S es:

$H_0 : E(X) \geq E(Y)$ antes del tratamiento, las métricas eran mejores, supuesto que se desea rechazar a favor de:

$H_a: E(X) < E(Y)$, después del tratamiento las métricas son mejores.

Para el caso del comportamiento de la variable Tiempo de ciclo (T_c) antes y después de la intervención 5S es:

$H_0: E(X) \leq E(Y)$, antes de 5S el T_c sea menor que después de la intervención, suposición que se desea rechazar a favor de;

$H_a: E(X) > E(Y)$, después de 5S el T_c es menor (mejoró).

Sea X la muestra de la población “antes” de recibir el tratamiento (intervención 5S) y sea Y la muestra de la misma población “después” de recibir el tratamiento.

El estadístico para la prueba de Mann-Whitney es U. Este valor es comparado en una tabla de valores críticos de U basado en el tamaño de la muestra para cada

grupo. Si U excede el valor crítico a un nivel de significancia (que para esta investigación es 0.05) significa que hay evidencia de rechazar la hipótesis nula a favor de la hipótesis alterna.

El resultado clave es el valor crítico p que responde la pregunta: ¿si las poblaciones realmente tienen la misma mediana, cual es la probabilidad que de la muestra aleatoria podrían resultar en medianas más apartadas que las observadas en el experimento?. Si el valor p es pequeño, se puede rechazar la idea que la diferencia es una coincidencia, y concluir que la poblaciones tienen diferentes medianas. Si el valor p es grande, los datos no dan suficiente razón para concluir que las medianas difieren, esto no es lo mismo que decir que las medianas son iguales, simplemente no se tiene suficiente evidencia que sean distintas.

2.6 RECOLECCIÓN DE DATOS

Los datos para el estudio fueron recolectados en dos formas:

- 1) Para los registros históricos de las variables calidad, productividad y tiempo de ciclo se acudió a los formatos diarios llevados para controlar calidad, los estados financieros mensuales registrados por contabilidad y los registros diarios de las órdenes procesadas conforme a los tiempos de inicio e ingreso final al almacén de Productos Terminados.
- 2) Para el caso de los registros 5S, los investigadores practicaron mensualmente una auditoría al proceso de mantenimiento de los principios 5S, empleando el formato del anexo 1, el cual contempla el examen de los 5 aspectos cubiertos por el programa, evaluando 4 preguntas por cada principio, otorgando una calificación de 1 para la ausencia del criterio hasta 5 para la total conformidad con el criterio, de tal manera que cada principio

puede tener un puntaje máximo de 20 y la evaluación total de los 5 principios un puntaje máximo de 100/100

El procesamiento de los datos se llevó a cabo utilizando el software SPSS de versión 7.5 para Windows.

3. RESULTADOS

En esta parte del documento se presentan los datos que sirvieron de base para comprobar las hipótesis formuladas, y los resultados encontrados en el campo de investigación, a través de la aplicación del formulario de evaluación para monitorear el comportamiento de las 5S, explicado con anterioridad y el comportamiento simultáneo de las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo extraídas de los registros de la empresa durante el periodo de estudio, mediante la aplicación del diseño metodológico enunciado en el capítulo 3. La investigación realizada incluyó la toma de datos ex ante para las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo en los 9 meses anteriores a la intervención; se toman luego datos para el nivel 5S a partir de la aplicación formal de las 5S en el mes de diciembre de 2005 hasta septiembre de 2006, periodo en el cual simultáneamente se miden las métricas ex post para calidad, productividad y tiempo de ciclo. Se aplican los test diseñados para la comprobación de las hipótesis planteadas y se presentan tablas, y gráficas para ilustración con comentarios explicativos de los hallazgos.

3.1 RESUMEN DE DATOS Y RESULTADOS

Retomando el objetivo de la investigación y las hipótesis formuladas con anterioridad, se resume que la intención de ésta fue esencialmente verificar que: si la teoría que soporta los beneficios e influencia de los principios 5S de Manufactura Esbelta son coherentes con la *buena práctica* de dichos principios, debería existir una relación positiva al correlacionarse las métricas de una intervención 5S en una organización, con sus métricas de manufactura de: calidad, productividad y tiempo de ciclo, y además debe dar lugar en el corto plazo a un impacto positivo sobre tales métricas. Hipótesis que se pusieron a

prueba mediante la metodología expuesta en el capítulo 3. Este enunciado general de las hipótesis involucró realizar cuatro subhipótesis; en primer lugar, la referente a la correlación de las 5S con la productividad, calidad y tiempo de ciclo y en segundo termino los cambios detectados en las mismas métricas después de la aplicación de las 5S.

3.1.1 Datos coleccionados para contraste de hipótesis. Los datos recogidos según la metodología expuesta en el capítulo 2 para relacionar los registros 5S originados a partir de la intervención formal, con la evolución simultánea de las métricas se muestran en la tabla 5.

Tabla 5. Resumen de registros para las métricas consideradas

Variable/Mes	dic	ene	feb	mar	Abr	may	jun	jul	ago	sep
Auditoria 5S	38	35	42	53	65	60*	74	79	85	86
Calidad	72	65	81	78	86	65*	75	85	87	91
Productividad	68	70	78	85	80	73	86	91	92	90
Tiempo ciclo	5.88	5.7	4.9	3.98	4.06	5.2	3.8	3.46	3.39	3.28

Se observa en la tabla 5 que en el mes de mayo de 2006 se presenta una situación anormal en el comportamiento de todas la variables, que quiebra la tendencia general de los registros aspecto que los investigadores identifican coincide con la conjunción de varios factores que afectaron las métricas y son materia de análisis en el capítulo 4.

3.1.2 Datos coleccionados para verificación del comportamiento de cambios, de las métricas de manufactura en el corto plazo. Las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo fueron coleccionadas en un horizonte de 9 meses anteriores a la intervención y los 9 meses posteriores al inicio de ésta, de tal forma que se tienen 9 contrastes para la prueba. Enseguida se presentan los resultados antes de la intervención y los datos arrojados posterior al tratamiento sostenido con los principios 5S. Es de anotar que los valores de las métricas para

los meses de diciembre de 2005 a septiembre de 2006 son idénticos a los mostrados en la tabla 5, simplemente que la tabla 5 es fuente para aplicar los test de correlación, mientras la tabla 6 es fuente para aplicar el test de Mann Whitney.

Los valores ex ante para la productividad y calidad en general muestran cifras promedio menores que las recolectadas para las mismas variables posteriormente a la intervención 5S. Una situación inversa se presenta respecto al Tiempo de ciclo, cuyo promedio ex ante es aguzadamente mayor al promedio mostrado ex post, comportamiento coherente con la hipótesis planteada, en razón a que se desea que el tiempo de ciclo se reduzca debido a la práctica 5S en el taller.

Tabla 6. Resumen Datos ex ante y ex post para calidad productividad T ciclo

Años 2005/06	Calidad	Productividad	T ciclo(hrs/ton)
marzo	62	65	7.2
abril	65	63	7.4
mayo	60	60	6.8
junio	58	55	7.3
julio	55	62	6.9
agosto	65	66	6.7
septiembre	70	65	6.51
octubre	75	70	5.92
noviembre	72	70	6.07
diciembre	72	68	5.88
enero	65	70	5.7
febrero	81	78	4.9
marzo	78	85	3.98
abril	86	80	4.06
mayo	65	73	5.2
junio	75	86	3.8
julio	80	90	3.46
agosto	87	92	3.39
septiembre	91	90	3.28

3.1.3 Comportamiento general ex post de las métricas 5S Productividad y Calidad. La Figura 9 reúne el comportamiento seguido después de la intervención 5S. La Figura 10 para el Tiempo de ciclo se muestra por separado en razón a la

diferencia notable de unidades que hace imperceptible su comportamiento al incluirla en la gráfica con las demás variables.

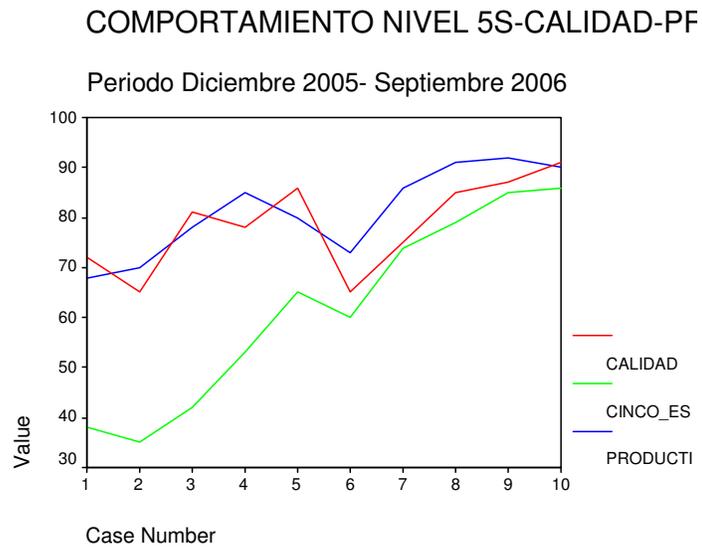


Figura 9
Comportamiento de 5S, Productividad y Calidad

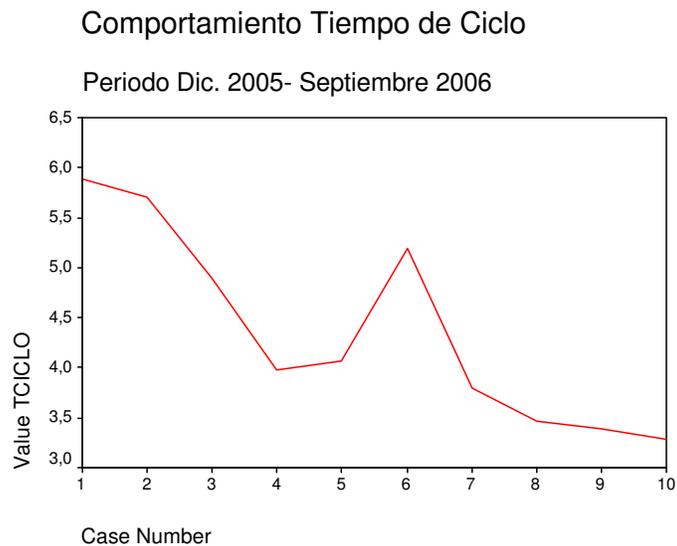


Figura 10
Comportamiento del Tiempo de Ciclo

Los registros 5S empiezan con un registro de 38 puntos sobre 100 reflejo de las prácticas que la organización seguía en los aspectos de clasificación, orden y limpieza, caen un poco a 35 puntos en el mes de enero y empiezan a partir de dicho mes un progreso sostenido hasta el mes de abril, luego ocurre un bajón en mayo por causas ya comentadas, para retomar su ritmo de mejora hasta ubicarse en septiembre con 86 puntos sobre un ideal de 100; este ritmo de mejora obedece a las acciones continuas de mejoramiento desplegadas en el marco de la intervención por los investigadores en colaboración con personal directivo y líderes del departamento de producción a través de la retroalimentación al personal de los resultados alcanzados cada mes y fijar planes de acción para reforzar los principios 5S. Desde el punto de vista gráfico, la función descrita sugiere ser cóncava (es decir que cuando dados dos puntos cualesquiera el segmento que los une queda por debajo de la curva y cuando las tangentes a la curva en los puntos de dicho intervalo quedan por encima de la curva) de pendiente positiva.

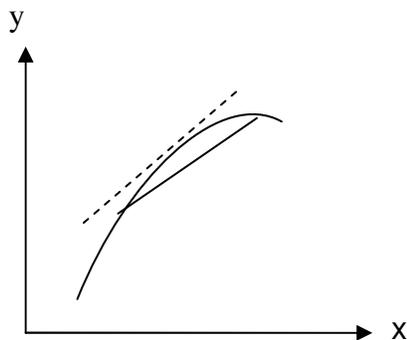


Figura 11

Una función $y=f(x)$ Cóncava

Para la métrica de calidad y productividad las gráficas 9 y 10 muestran un comportamiento en general ajustado al esperado por los investigadores es decir una tendencia ascendente coherente con la teoría, excepto para el citado mes de mayo de 2006, periodo en el que como ya se advirtió se presenta una situación fuera de lo común debida a factores ajenos al desarrollo del proceso y que son materia de comentario en el capítulo de análisis de los resultados.

En cuanto el tiempo de ciclo se pasa de una cifra de 5.88 horas/ton en diciembre a 3.28 en septiembre de 2006, representando una disminución de 2.6 hora/tonelada procesada equivalente al 42.3% que traducido en términos de costos representa importantes ahorros para la empresa y beneficio para el cliente. La función descrita sugiere ser convexa de pendiente negativa, ver figura 12.

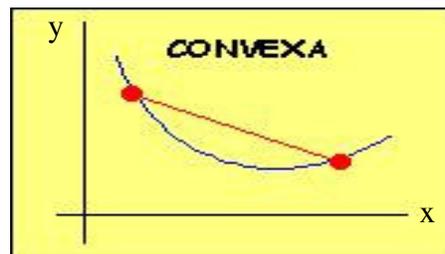


Figura 12
Gráfica función convexa

3.1.4 Resultados dispersión y correlación 5S Vs. calidad usando rho de Spearman. Con base en los resultados presentados en la tabla 5 se llevó a cabo un análisis de correlación de Spearman usando el software SPSS V.10.0 como herramienta estadística. Se presenta a continuación los resultados de aplicar el test y el diagrama de dispersión y se hacen algunos comentarios sobre la relación que insinúan los gráficos que luego es verificado por los resultados arrojados por la prueba.

La Figura 13 insinúa la posible existencia de una correlación positiva entre la aplicación de 5S y los niveles de calidad logrados, lo que se corrobora con los resultados del test que se presentan enseguida, todo lo cual es coherente con la teoría que señala que con la aplicación del programa de 5S se reducirían los reprocesos (mejor calidad), los tiempos de entrega, tiempos de producción, tiempos muertos por mantenimiento y otros (Osada, 1991). Todo lo cual redundaría en una reducción global de desperdicios en la compañía. Es de anotar que sin tener en cuenta los resultados del mes de mayo, tal relación 5S vs calidad debe mejorar.

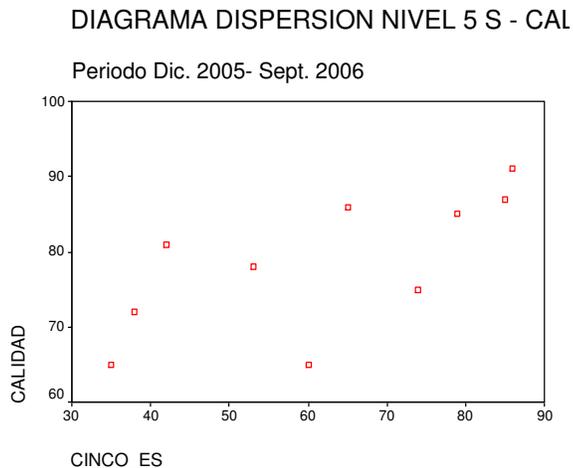


Figura 13

Diagrama de dispersión para las variables 5S vs. Calidad

Los investigadores han considerado que la variable calidad es la que podría tener menores cambios en sus indicadores con la intervención 5S, en razón a que la variable calidad ha sido objeto de mejoras previas a la intervención, en razón a que en $\alpha\beta$ S.A. ya se venía aplicando la filosofía de la calidad total a través del programa de certificación ISO 9001, sin embargo el comportamiento sugiere que guardan una aceptable relación positiva, la cual es corroborada por la prueba de Spearman que a renglón seguido se presenta con tablas resumen tomadas directamente del software mencionado.

Tabla 7. Resultados para Calidad y Nivel 5S

Resultados de las Correlaciones	CALIDAD	CINCO S
RHO DE SPEARMAN: Calidad	1,000	0,772**
Coefficiente de correlación Cinco s	0,772**	1,000
Valor p prueba de una cola: Calidad		0,004
Cinco s	0,004	
N datos considerados:	10	10
	10	10

Fuente : Aplicación software SPSS.

Métrica	Media	Desviación Estándar	N
Calidad	78,5	9,1439	10
Cinco S	61,7	19,2530	10

Fuente : Aplicación software SPSS

En el anexo 7 se incluye las tablas de salida original del software para todos los test corridos.

Al examinar los resultados los investigadores examinaron los resultados de la correlación para determinar la significancia de ésta se aplicó el rho de Spearman cuyo resultado es 0.772 el cual es significativamente diferente de cero para la relación 5S y calidad, con un valor p de 0.004 lo que asegura un nivel 1% de significancia del resultado (ver marco teórico para interpretación de dicho valor). El test estadístico aplicado rechaza la hipótesis nula que plantea la no existencia de relación $H_0: \rho = 0$, a favor de la alternativa que señala la existencia de una correlación positiva significativa entre estas variables, $H_a: \rho > 0$; tal como lo esperaban los investigadores.

Con respecto a la dispersión medida con el coeficiente de variación de Pearson, se encuentra que $CV_{\text{calidad}} = 9.14/78.5$ que resulta en 0.1164 indicador de que los datos de calidad recolectados fueron homogéneos y estuvieron muy aceptablemente concentrados alrededor de su promedio.

Se recuerda que la teoría estadística acepta que una variable está homogéneamente concentrada alrededor de la media, si su $CV < 0.3$, lo que se traduce en una mayor representatividad del promedio hallado como medida de tendencia central de la variable (en este caso calidad).

3.1.5 Resultados dispersión y correlación para Nivel 5S y productividad usando rho Spearman

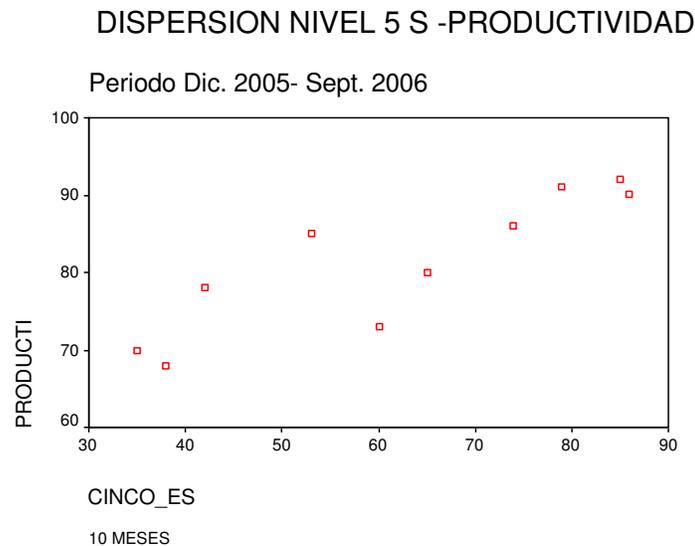


Figura 14
Diagrama de dispersión para Nivel 5S vs Productividad

La Figura 14 insinúa la posible existencia de una alta correlación positiva entre la aplicación de 5S y los niveles de productividad logrados, relación que corresponde a las expectativas por los investigadores y es coherente con la teoría examinada.

Tabla 8. Resultados para Productividad y nivel 5S

Resultados de las Correlaciones		PRODUCTIVIDAD	CINCO S
RHO DE SPEARMAN:	Productividad	1,000	0,891**
Coeficiente de correlación	Cinco s	0,891**	1,000
Valor p prueba de una cola:	Productividad		0,000
	Cinco s	0,000	
N datos considerados:	Productividad	10	10
	Cinco S	10	10

Fuente: resultados corrida software SPSS.

Métrica	Media	Desviación Estándar	N
Productividad	81,3	8.8575	10
Cinco S	61,7	19,2530	10

Fuente: resultados corrida software SPSS.

Al aplicar el rho de Spearman se encontró que cuyo resultado es 0.891 para la relación 5S y productividad, con un valor p de cero lo que asegura un nivel de significancia del 1% para el resultado. Este comportamiento correspondiente a una correlación alta se ajusta al esperado por los investigadores y es congruente con la teoría examinada e hipótesis formulada. La prueba estadística realizada rechaza la hipótesis nula $H_0: \rho=0$, a favor de la alternativa $H_a: \rho>0$; que señala la existencia de la correlación positiva entre estas variables, a un nivel de significancia de 0.01. El valor p como se señala es de cero, lo que significa que se tiene total certeza de rechazar la hipótesis nula, tal como lo esperaban los investigadores.

Con respecto a la dispersión relativa medida con el coeficiente de variación de Pearson, se encuentra que $CV_{\text{productividad}} = 8.85/81.3$ que resulta en 0.108 indicador de que los datos de productividad recolectados estuvieron aceptablemente concentrados alrededor de su promedio, mientras que $CV_{\text{nivel 5S}} = 19.25/61.7$ que resulta en un valor de 0.312 indicador de que los datos del nivel 5S variaron más en el transcurso del proceso, estuvieron más dispersos alrededor de su promedio, pero son relativamente homogéneos.

En los análisis de resultados se comentan las razones que tienen los investigadores para la relación encontrada en $\alpha\beta$ S.A.

3.1.6 Resultados dispersión y correlación para Nivel 5S y Tiempo de ciclo usando rho Spearman La Figura 15 advierte de la posible existencia de una correlación negativa entre la aplicación de los principios 5S y los niveles de Tiempo de ciclo logrados. Este comportamiento fue previsto por los investigadores

al formular las hipótesis de investigación y es congruente con la teoría examinada que plantea que al mejorar los niveles 5S, se contribuye a optimizar tiempos en las operaciones causados por transportes y búsquedas innecesarias de herramientas y material, hay una operación más fluida que se ve reflejada en el tiempo global de proceso.

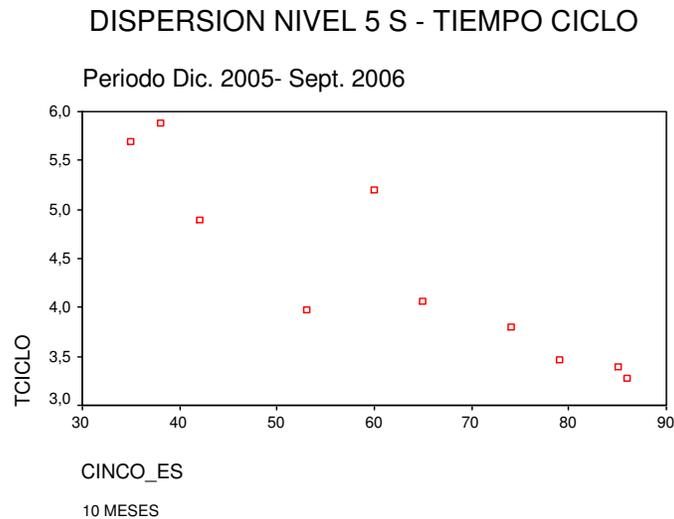


Figura 15
Diagrama de dispersión para 5S vs Tiempo de ciclo

Al aplicar la prueba rho de Spearman cuyo resultado es - 0.927 para la relación 5S y Tiempo de ciclo, con un valor p de cero lo que asegura un nivel de significancia o probabilidad de cometer error tipo I del 1% para el resultado.

Tabla 9. Resultados para Tiempo de ciclo y nivel 5S

Resultados de las Correlaciones		TIEMPO DE CICLO	CINCO S
RHO DE SPEARMAN:	Tiempo de ciclo	1,000	-0,927**
Coficiente de correlación	Cinco s	-0,927**	1,000
Valor p prueba de una cola:	Tiempo de ciclo		0,000
	Cinco s	0,000	
N datos considerados:	Tiempo de ciclo	10	10
	Cinco S	10	10

Fuente: resultados corrida software SPSS.

Métrica	Media	Desviación Estándar	N
Tiempo de ciclo	4,365	0.9757	10
Cinco S	61,7	19,2530	10

Fuente: resultados corrida software SPSS.

La prueba estadística sencilla realizada no soporta la hipótesis nula, rechazándola en favor de la alternativa que señala la existencia de la correlación negativa entre estas variables, a un nivel de significancia del 0.01, con valor de $p = 0$, resultado que ratifica lo estimado por los investigadores.

Con respecto a la dispersión medida con el coeficiente de variación de Pearson, se encuentra que $CV_{\text{ciclo}} = 0.97/4.36$ que resulta en 0.223 indicador de que los datos de tiempo de ciclo recolectados estuvieron aceptablemente concentrados alrededor de su promedio y que por tanto la media de 4.36 para el Tiempo de ciclo es representativa de la realidad del conjunto de valores tomados para dicha métrica.

3.1.7 Resultados de la prueba de Mann Whitney. La prueba de Mann Whitney se aplicó con el fin de comprobar la existencia de cambios en los datos de las métricas antes y después de recibir el tratamiento 5S en el departamento.

Para efectos de la aplicación de la prueba se procedió a reunir los datos obtenidos en la tabla siguiente para cada variable de manufactura considerada: la muestra antes cubre el periodo comprendido de marzo a noviembre de 2005 y la muestra después de diciembre de 2005 a agosto de 2006.

Tabla 10. Datos para Prueba Mann-Whitney

Años 2005/06 Xi	Calidad Xi	Productividad	T ciclo	Mes 2006 Yi	Calidad Yi	Productividad	T ciclo
marzo	62	65	7.2	enero	65	70	5.7
abril	65	63	7.4	febrero	81	78	4.9
mayo	60	60	6.8	marzo	78	85	3.98
junio	58	55	7.3	abril	86	80	4.06
julio	55	62	6.9	mayo	65	73	5.2
agosto	65	66	6.7	junio	75	86	3.8
septiembre	70	65	6.51	julio	80	90	3.46
octubre	75	70	5.92	agosto	87	92	3.39
noviembre	72	70	6.07	septiembre	91	90	3.28
diciembre	72	68	5.88				

Se combinaron en una sola las muestras de la tabla 6 antes y después de la intervención, y se asignaron rangos desde 1 hasta 18 ($n=9$ y $m=9$) según el orden de magnitud. En caso de empate se asigna un rango promedio.

Rango	1	2	3	4	6	6	6	6	9
Muestra Combinada	55	58	60	62	65	65	65	65	70
Rango	10.5	10.5	12.5	12.5	14	15	16	17	18
Muestra Combinada	72	72	75	75	78	80	81	86	87

1) Se calculó $S = \sum R(X_i)$ suma de los rangos asignados a la variable Xi (“antes de intervención 5S”).

$$S = \sum 1+2+3+4+6+6+9+10.5 +12.5 = \mathbf{48}$$

2) Se calculó el estadístico $T = S - n(n+1)/2$

$$T = 48 - 9(9+1)/2 = \mathbf{3}$$

3) Se Utilizó la tabla _ apéndice para $p = 0.05$ para hallar el cuantíl X_p de T. con $n= 9$ $m= 9$ y $\alpha = 0.05$ muestra un $T_\alpha = \mathbf{18}$

Regla de decisión: Rechazar H_0 si $T < T_\alpha$

4) Como $T = 3$ es $< T_\alpha$ Se rechazó la hipótesis

5) Conclusión de La Prueba Mann Whitney para Calidad: la conclusión de la prueba es que se rechaza la hipótesis, a favor de la alternativa que señala

que si existe una tendencia a presentar mejoras en la métrica de calidad, después de aplicado el tratamiento 5S.

3.1.7.1 Resultados Prueba Mann Whitney para productividad. Ver Tabla 11.

Tabla. 11. Resultados Prueba Mann Whitney para productividad.

Rango	1	2	3	4	5.5	5.5	7	8	10
Muestra combinada	55	60	62	63	65	65	66	68	70
R(Xi)	55	60	62	63	65	65	66		
Rango	10	10	12.	13	14	15	16	17	18
Muestra Combinada	70	70	73	78	80	85	86	90	92
R(Xi)	70	70							

$$S = \Sigma 1+2+3+4+5.5+5.5+7+10+10 = 48$$

$$T = 48 - 9(9+1)/2 = 3$$

En la tabla del Anexo 2 para $\alpha = 0.05$, el cuantíl X_α de T. con $n= 9$ $m= 9$ y $\alpha = 0.05$ muestra un $T_\alpha = 22$

Regla de decisión: rechazar H_0 si $T < T_\alpha$ ó aceptar H_0 sí $T > T_\alpha$

$H_0 : E(X) \geq E(Y)$

$H_a : E(X) < E(Y)$

La conclusión de la prueba es que rechazamos la hipótesis, a favor de la alternativa, lo que nos señala que sí existe una tendencia a presentar mejoras en la métrica de productividad, después de aplicado el tratamiento 5S.

3.1.7.2 Resultados Prueba Mann Whitney para Tiempo de ciclo

Rango	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muestra combinada	3.39	3.46	3.8	3.98	4.06	4.9	5.2	5.7	5.88
R(Xi)									
Rango	10	11	12.	13	14	15	16	17	18
Muestra combinada	5.92	6.07	6.51	6.7	6.8	6.9	7.2	7.3	7.4
R (Xi)	5.92	6.07	6.51	6.7	6.8	6.9	7.2	7.3	7.4

Regla de decisión: rechazar H_0 si $T > T_\alpha$

$$S = \sum 10+11+12+13+14+15+16+17+18 = 126$$

$$T = 126 - 9(9+1)/2 = \mathbf{81}$$

En tabla del Anexo 2 para $\alpha = 0.05$, el cuantil X_α de T. con $n= 9$ $m= 9$ y $\alpha = 0.05$ muestra un $T_\alpha = \mathbf{22}$

Regla de decisión: rechazar H_0 si $T > T_\alpha$

$$H_0 : E(X) \leq E(Y)$$

$$H_a : E(X) > E(Y)$$

La conclusión de la prueba es que se rechaza la hipótesis con un nivel de significancia del 5%, que planteaba que el Tiempo de ciclo tiende a dar valores menores antes del tratamiento 5S, a favor de la alternativa, lo que señala que sí existe una tendencia a presentar valores mayores de tiempo de ciclo antes de aplicado el tratamiento 5S que después; en consecuencia, con un nivel de significancia del 5% la prueba señala que efectivamente el Tiempo de ciclo presenta una tendencia a disminuir bajo un ambiente de aplicación 5S.

En general, con respecto a la evaluación del impacto a corto plazo de la aplicación de las 5S en las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo, los resultados muestran que se han cumplido las expectativas de los investigadores basados en la teoría expuesta en el capítulo 2 y la hipótesis formulada, en el

sentido que la intervención 5S sí ha tenido un efecto benéfico para la organización, pues las métricas de manufactura consideradas han evolucionado favorablemente; la calidad y productividad tienden a dar cifras mejores y el tiempo de ciclo ha mostrado tendencia a disminuir.

En el capítulo siguiente se volverá sobre todos los resultados presentados aquí y se contextualizarán a la organización laboratorio, con el fin de que el lector interesado en la temática tenga más certeza de lo que puede esperar en caso de impulsar iniciativas 5S y pretender medirlas y contrastarlas con todo el acervo teórico sin cometer el error de analizarla como un elemento aislado dentro de las prácticas modernas de manufactura.

3.1.8 Resumen resultados de la aplicación de las pruebas de hipótesis.

Enseguida se exponen de manera resumida los resultados arrojados para cada hipótesis una vez aplicado los test respectivos.

Tabla 12. Resumen de resultados pruebas estadísticas de hipótesis

Hipótesis	Resultados H_0	
	Aceptada	Rechazada
No existe correlación entre el uso de prácticas 5S y la productividad		X
No existe correlación entre el uso de prácticas 5S y la Calidad.		X
No existe correlación entre el uso de prácticas 5S y el tiempo de ciclo.		X
No hay diferencia en la métrica calidad antes y después de la intervención 5S.		X
No hay diferencia en la métrica de productividad antes y después de la intervención 5S.		X
No hay diferencia en la métrica tiempo de ciclo antes y después de la intervención 5S.		X

Con base en los datos mostrados anteriormente, se puede concluir que los resultados obtenidos en la investigación comprueban las hipótesis inicialmente planteadas. Esta es una nueva contribución que busca fortalecer la teoría considerada, ya que en la literatura revisada no se encontraron estudios que soporten evidencias cuantitativas de estas relaciones.

4. CONCLUSIONES

En este capítulo se expone a lector el significado de los hallazgos encontrados en el estudio, como respuesta al problema planteado y las hipótesis formuladas por los investigadores, seguido de las conclusiones que los autores extraen de ellos, junto con las implicaciones para la práctica y teoría administrativa; en consecuencia se inicia recordando que el estudio se llevó a cabo realizando una intervención con los principios 5S en la empresa $\alpha\beta$ S.A. y buscaba encontrar el grado de relación entre el comportamiento de dicha intervención y los registros alcanzados para las métricas de calidad productividad y tiempo de ciclo, para lo cual se uso la correlación de Spearman. Además la investigación busca verificar en el corto plazo como dicha intervención sostenida conforme lo señalan sus autores, podía en el corto plazo generar cambios positivos para la organización en las citadas métricas de manufactura, apelando para su verificación a pruebas soportadas por la estadística no paramétrica. Es así como se empieza por retomar los comentarios iniciales que acompañan las cifras presentadas en el capítulo 3, se señalan los argumentos que soportan el comportamiento general de los datos obtenidos, luego se analizan las correlaciones halladas, los resultados de la prueba Mann Whitney para los efectos en las métricas de manufactura, cerrando con las conclusiones generales que los autores extraen de la experiencia como aporte.

4.1 COMPORTAMIENTO GENERAL DE LOS DATOS

Los datos presentados en las tablas 5 y 6 del capítulo anterior, permiten realizar los siguientes comentarios:

- ✓ El nivel 5S resultante de las monitorias aplicadas directamente por los investigadores, muestra la tendencia a seguir un comportamiento de una

curva cóncava con pendiente positiva (ver Figura 11 Pág. 95), lo que pragmáticamente significa que en la medida que la población objeto asimiló la filosofía detrás de las prácticas de las primeras 3 S, y el posterior monitoreo constante de los progresos, planes de acción correctiva y actuación alcanzada, en una aplicación del ciclo deming enfocada por la intervención, permitió incorporar estas prácticas en forma sostenida y mejorada en la rutina laboral del departamento de producción, sin embargo es de anotar que dicha tendencia presenta una irregularidad en el mes de mayo de 2006 con un valor inesperado menor, de acuerdo a varios factores exógenos al proceso conducido en sí, los cuales son:

- Se presentaron problemas de retiro voluntario de personal ya entrenado y comprometido con el proceso de liderazgo de las 5S, por causas ajenas a éste, cuyo reemplazo requirió de la necesaria capacitación y aprendizaje tanto de la técnica propia del proceso como en la filosofía 5S.
 - Se presentaron en dicho periodo inconvenientes con abastecimiento de materia prima, originado en el comportamiento mundial de la oferta y demanda de acero y cobre principalmente.
 - Se presentó la avería de maquina Punzonadora, que salió del circuito de producción mientras se reemplazaba una pieza ordenada en un taller de mecanizado de la ciudad de Bucaramanga.
 - Disminución de pedidos de productos presupuestados que ocasionaron una baja del ritmo y nivel de producción.
- ✓ El comportamiento de los datos para la métrica de calidad es también cóncava con pendiente positiva, notándose el efecto del comportamiento del mes de mayo que alteró un poco esa tendencia. Las condiciones físicas y mentales de los trabajadores, así como las condiciones propias del área de trabajo permiten que la persona desarrolle un trabajo de calidad en un 100%.
- ✓ Respecto a la productividad, muestra también la tendencia a seguir un comportamiento de una curva cóncava con pendiente positiva, afectada por el comportamiento de mayo de 2006.

- ✓ El comportamiento de los datos para la métrica de tiempo de ciclo insinúa una correlación inversa, forma convexa con pendiente negativa confirmada por el gráfico de dispersión y el test de Spearman.
- ✓ En general los datos de las diversas métricas tuvieron una dispersión aceptable en la medida que su coeficiente de variación de Pearson fue menor de 0.3 lo que indica buena homogeneidad de los datos alrededor de su promedio, según lo señala la teoría estadística.

4.2 CONCLUSIÓN Y ANÁLISIS DE RESULTADOS DE LAS CORRELACIONES

En este apartado se comentan y analizan los resultados obtenidos de aplicar el coeficiente de correlación de Spearman para cada pareja de asociaciones propuestas en los objetivos, teniendo en cuenta que tales resultados son válidos al contexto de la empresa estudiada.

4.2.1 Subhipótesis referente a la Correlación entre nivel 5S y calidad. La hipótesis nula H_0 planteada para la calidad es la de que no existe correlación entre la práctica de las 5S y la calidad. Se observa que el coeficiente de correlación de Spearman para esta relación muestra un valor de 0.686, lo que significa que la prueba para la hipótesis refleja que a un nivel de significancia α o probabilidad de cometer error tipo I de 0.05 afirma la existencia de una correlación positiva entre las variables, lo que conduce a rechazar la hipótesis para la no existencia de correlación entre las variables nivel 5S y la métrica de calidad, aceptando la alternativa que señala la existencia de correlación positiva entre ambas variables. El análisis registra un valor p de 0.021 que señala que existe una probabilidad del 2.1 % de poderse equivocar al rechazar la hipótesis H_0 . Lo anterior quiere decir que como los investigadores lo habían previsto al plantear su hipótesis, se debe rechazar la hipótesis que señala la no existencia de correlación

entre el nivel 5S y la métrica de calidad.

Cabe citar aquí la coherencia del resultado con lo afirmado por Osada: “Un programa de 5S apoya en la adopción de la filosofía de calidad ya que involucra a gente de todos los niveles de la organización. Las 5S tienen una relación muy estrecha con la calidad, por lo que el seguir los principios de 5S es el primer paso para lograr la calidad de los productos en cualquier lugar de trabajo (Osada, en McTighe, 1991).

También se desprende de los resultados que las actividades de 5S forman un precedente de pequeñas mejoras en el área de trabajo de una manera continua, una vez que se genera el estándar se mantiene y se busca la forma de mejorarlo gradualmente. Las pequeñas acciones podrían lograr un sentido de mejora en toda la organización y de esta manera fortalecer la filosofía de calidad.

Por otra parte, debe enfatizarse la circunstancia particular ocurrida en la empresa en el mes de mayo, que influyó en todos los resultados del periodo y por tanto afectó el valor de la correlación hallada que a juicio de los investigadores debió seguir la tendencia y ser aún mayor. Se observa también que pese a que los investigadores esperaban unos niveles de calidad mayores dado que la empresa adelantaba con anterioridad el proceso hacia la certificación ISO 9001, los niveles de calidad registrados dejan aún oportunidad de mejora, la cual se registró y es comentada más adelante en el análisis de los cambios en las métricas.

4.2.2 Subhipótesis referente a correlación entre el nivel 5S y productividad.

A partir del resultado que entregó el coeficiente de Spearman de 0.90 la prueba para la hipótesis señala un nivel de significancia α de 0.01 o probabilidad de cometer error tipo I, y un valor p cercano a cero que indica que existe una nula posibilidad de equivocarse al rechazar la hipótesis H_0 . Lo anterior significa

rechazar la hipótesis que señala la no existencia de correlación entre el nivel 5S y la métrica de productividad aceptando la alternativa que señala la existencia de correlación positiva entre ambas variables con muy escasa probabilidad de estar equivocados. Este resultado, anticipado por los investigadores al formular sus hipótesis, es perfectamente coherente con la teoría, en razón a que la práctica adecuada de los principios 5S propende por el mejor uso de los recursos disponibles, se logra un mejor desempeño y por ende una mayor producción. Mejoran las condiciones físicas y mentales de los trabajadores, así como las condiciones propias del área de trabajo, lo que permite que la persona lo desarrolle en un 100%. En el contexto de la organización laboratorio se advirtió además al tener un lugar limpio, el riesgo de accidentes durante el periodo de intervención ha disminuido conforme a los registros reportados a la ARP, por lo que esto ha contribuido a que los trabajadores trabajen más seguros.

4.2.3 Subhipótesis referente a correlación entre el nivel 5S y tiempo de ciclo.

A partir del resultado enunciado para el coeficiente de Spearman de -0.927. en la prueba para la hipótesis, esto señala que se rechaza la hipótesis de correlación nula a un nivel de significancia α de 0.01 o probabilidad de cometer error tipo I (rechazar H_0 cuando es cierta) y un valor p de 0.00 que señala que se tienen nulas posibilidades de equivocación al rechazar la hipótesis H_0 , a favor de la alternativa que reclama la existencia de una correlación negativa que nos permite corroborar la teoría que al mejorar el nivel de aplicación 5S la organización tiende a disminuir los valores del tiempo de ciclo o viceversa. Este resultado es sugerido por varios autores (ver marco teórico), que coinciden en que largos tiempos de ciclo están asociados con altos inventarios, pobre desempeño en línea, y pérdidas de oportunidad, que a su vez tienen relación en que en la medida que exista orden y limpieza en el puesto de trabajo, los operarios se desempeñarán mejor. Con la introducción de los principios 5S en $\alpha\beta$ S.A, los trabajadores tuvieron claro que era lo que necesitaban para realizar su trabajo, y así alcanzar una actuación más fluida; un puesto de trabajo organizado les facilitó el uso de herramientas y dispositivos, un puesto de trabajo limpio les permitió una actuación con mayor

precisión en operaciones manuales y automáticas todo lo cual trajo como consecuencia que al aplicar 5S en $\alpha\beta$ S.A. el comportamiento del tiempo de ciclo se relacionó negativamente en forma significativa asunto que ya no queda como mera especulación teórica, sino que posee la evidencia proveniente de una prueba estadística, lo que permite concluir que en alguna manera la práctica 5S se ha reflejado en disminuciones de ineficiencias del ciclo como los tiempos de preparación, las cuales han generado cambios de herramientas más rápidos, mejor mantenimiento preventivo de las máquinas (limpieza, detección de desgastes) que se traduce en menores cortes en la actuación, todo lo cual se refleja en la tendencia verificada en el estudio.

4.3 CONCLUSIONES PARA CAMBIOS EN LAS MÉTRICAS A CORTO PLAZO

El estudio se planteó evidenciar cuantitativamente el comportamiento de las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo en la presencia de una intervención 5S. En el capítulo anterior se presentaron los cálculos y resultados del estudio mediante la aplicación de la prueba de Mann Whitney.

4.3.1 Cambios en la métrica de calidad. La prueba Mann Whitney señala que hay suficiente evidencia para afirmar que si pueden existir cambios favorables a la empresa después de la intervención 5S, con un nivel de significancia del 5%, esto se traduce en que las 5S pueden ser utilizadas para fortalecer la adopción de la filosofía de calidad, que la empresa adelanta. Además, la adopción de la filosofía 5S demuestra ser coherente con las mejoras en niveles de calidad de la empresa. En el marco teórico se mencionó citando a Osada que los programas 5S apoyan la adopción de la filosofía de calidad en la medida que involucran a gente de todos los niveles de la organización, hecho que se evidenció en la empresa bajo estudio, ya que el esquema de intervención retroalimentaba mensualmente los resultados socializándolos a los grupos de interés en un esquema de ciclo Deming, que permitió la mejora continua de las métricas. Las 5S tienen una relación muy

estrecha con la calidad, por lo cual, el seguir los principios de 5S es el primer paso para lograr la calidad de los productos en cualquier lugar de trabajo. Desde los directivos hasta los trabajadores todos se ven involucrados en el programa. Así las actividades de clasificación, organización y limpieza apoyan a que los trabajadores tengan un ambiente adecuado para realizar sus labores con la calidad adecuada. Con la práctica diaria y la aplicación constante del programa de 5S se redujeron los reprocesos lo que significa que más productos superaron las inspecciones a la primera vez, tal como lo demuestran las cifras alcanzadas ex post.

4.3.2 Cambios en la métrica de productividad. La prueba Mann Whitney señala que sí existen cambios favorables a la empresa después de la intervención 5S, con un nivel de significancia del 5%, las cifras señalan que antes de la intervención el promedio para esta métrica alcanzaba el 56,77% con dispersión (desviación estándar) S del 21.83%, representando la mayor variabilidad del comportamiento de la métrica en ausencia de los principios 5S, mientras después de la intervención el promedio se eleva a 80.2% alcanzando un registro en el mes de agosto de 92% con una dispersión $S= 8.67 \%$ lo que nos señala que existe más homogeneidad y representatividad en los resultados alcanzados en la actuación ex post frente a un ideal de 100%.

Estos cambios son promovidos por el hecho que la mejora en el área de trabajo (orden, limpieza) permite llegar a alcanzar resultados excelentes en el uso de los recursos que dispone el operario en su labor. Ya en el marco teórico se exponía como las 5S son el fundamento de Kaizen y la implementación de los sistemas de control visual. La institucionalización de las 5S permite una alta productividad y tener un lugar de trabajo más seguro y placentero.

Los investigadores anotan que pueden existir conductas aparte de las 5S que puedan haber afectado las cifras de productividad en la empresa observada, como por ejemplo la cantidad de trabajo demandado en un periodo. Cuando los

operarios en cualquier organización deben cumplir con gran cantidad de órdenes, suelen trabajar más acuciosamente para completar la meta y así ser evaluados eficientemente, en caso contrario al existir poco trabajo, el operario tiende a “gastar” más tiempo realizando las operaciones para dar la apariencia que están ocupados. Es una manera humana de buscar proteger sus trabajos en un medio que no brinda mayores alternativas laborales.

4.3.3 Cambios en la métrica de tiempo de ciclo. La prueba Mann Whitney señala que si existen cambios favorables a la empresa después de la intervención 5S, con un nivel de significancia del 5%.

Las 5S promueven la reducción de tiempos de ciclo a través de la eliminación de la “muda” (desperdicio en japonés) la experiencia en $\alpha\beta$ S.A señala que la práctica de las 5S permitió estandarizar mejor los procedimientos para hacer las cosas, lo que se tradujo en ahorro de tiempos de proceso. Los resultados alcanzados comprueban lo anterior, al pasar de tener un promedio de 6.75 horas/tonelada procesada en los 9 meses anteriores a la intervención a tener un promedio sensiblemente mayor a éste, alcanzando las 4.47 horas /tonelada procesada después, una reducción promedio de 2.27 horas/tonelada, lo que se traduce en una mejor oportunidad en los tiempos de respuesta de los pedidos, y mejora de la productividad de la mano de obra, impactando en la competitividad de la organización.

Es de anotar que la situación ideal para obtener un tiempo de ciclo óptimo es aquella en la cual se fabrica un solo producto en un patrón constante durante largo tiempo, de tal manera que se brinda a los operarios la oportunidad de generar mayores habilidades en su rutina de proceso, situación poco común a la realidad de las empresas como la de este estudio, que maneja diversas referencias que requieren ajustes de herramental constantes, pero con el factor favorable que todos tienen un proceso de fabricación similar y un componente principal. Es así

como en ésta investigación se buscó aproximarse a la realidad mediante la contabilización del tiempo por tonelada procesada, aprovechando que el material principal de todos los productos es el acero, aislando el efecto de la variabilidad en formas, tamaños y pesos, midiendo un factor común a todos.

4.4 VALOR METODOLÓGICO DEL ESTUDIO

Una de las principales contribuciones que la investigación hace aparte del contraste teórico-práctico y los resultados válidos para $\alpha\beta$ S.A., es el aporte respecto a plantear una metodología particular útil para evidenciar cuantitativamente los supuestos yacentes en la teoría que vincula la práctica de las 5S, con otras herramientas de manufactura para impactar en la productividad, optimizar tiempos de ciclo y facilitar la mejora de la calidad, enfoque conocido como manufactura esbelta. Esto trasciende el estudio de caso, en la medida que si bien los resultados dados son válidos para la organización laboratorio, la metodología empleada con su argumentación estadística para expresar en cifras lo que afirman los teóricos de la manufactura esbelta, sí puede ser extendida para realizar este tipo de análisis en otras organizaciones. Lo que significa que es válida como forma de acercamiento al estudio de este tipo de relaciones.

Los investigadores consideraron que partiendo del hecho que la teoría considera la práctica 5S inmersa en el contexto de la Manufactura Esbelta, esto supone que las 5S podían estar interactuando con otras herramientas con el fin de “eliminar las mudas o desperdicios” para lograr optimizar tiempos de ciclo, disminuir costos y mejorar la productividad. Lo anterior significaba que al existir en cualquier organización múltiples factores que pueden afectar las métricas mencionadas, su estudio debía empezar por encontrar el grado de asociación que pudiese existir entre cada una de ellas y una intervención con los principios 5S, es decir sin pretender establecer relaciones causa efecto que los trasladaría a un análisis de regresión múltiple, estudio que los autores sugieren sea la continuación de éste.

Otra contribución metodológica de la investigación está orientada hacia el procedimiento para la evaluación en el corto plazo de las métricas de manufactura consideradas en la presencia de una intervención 5S, haciendo uso del test propuesto por Mann Whitney para medir efectos de tratamientos en una población dada, que permite demostrar cómo la sencilla herramienta 5S aplicada adecuadamente, lleva a los empresarios a ver resultados positivos en aspectos críticos de su organización.

En este orden de ideas, la contribución de la investigación radica en el hecho de no concretarse a la simple presentación de una relación de métricas ex ante y ex post, sino que busca relacionar tales resultados con la aplicación disciplinada de los principios 5S y para ello se apela a la argumentación estadística a fin de comprobar las hipótesis planteadas, haciendo amplio uso de la estadística no paramétrica para soportar evidencias cuantitativas, de tal forma que la experiencia recogida puede ser retomada en futuras investigaciones y ampliada la muestra para llegar así a generalizaciones contundentes que se escapan al estudio de caso desarrollado.

4.5 OTRAS CONCLUSIONES

El programa de 5S debe ser parte de la nueva filosofía de calidad para manejar el negocio ya que se evidencio en el estudio que contribuye enormemente en el propósito de desarrollar programas de mejoramiento.

El programa de 5S implica un compromiso total por parte de la alta administración, ya que ellos serán los que definan, soporten y lideren la aplicación del mismo. Se debe partir de un total convencimiento de la administración para que los empleados no lo vean como una simple moda en la empresa. El programa debe

ser permanente y formar parte del trabajo diario de la gente.

Al implementar el programa en $\alpha\beta$ S.A., se han encontrado disminuciones en los tiempos de preparación, cambios de herramientas más rápidos, así como tiempos más cortos de mantenimiento todo lo cual se ha visto reflejado en la evolución dada en el tiempo de ciclo.

5. RECOMENDACIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este capítulo se cierra el desarrollo del trabajo de los investigadores. Se exponen las recomendaciones generales que los autores hacen, después de haber concluido todo el proyecto de la investigación. Es el resultado de un análisis consciente y reflexivo sobre el proyecto, se indica cuál es la contribución del trabajo y de qué manera debe utilizarse para que tales conocimientos sean útiles.

5.1 REFLEXIONES DEL ESTUDIO

Los autores consideran que el trabajo realizado se constituye en un paso importante para el conocimiento práctico de una herramienta que conjugada con otros enfoques constituye la manufactura esbelta, la cual fue analizada con el objeto de encontrar evidencias cuantitativas de múltiples exposiciones teóricas de diversos autores.

La lectura que debe darse al documento pasa por obviar paradigmas propios de análisis livianos hechos sobre la herramienta 5S, al catalogarla como una simple técnica que no tiene mayor trascendencia como objeto y análisis de investigación para la ciencia de la administración, por el contrario, el estudio demuestra que si se tiene una visión más panorámica de los sistemas de administración de la manufactura, técnicas como las examinadas deben ser vistas como parte de un sistema que puede llevar a las organizaciones a adelgazar sus procesos de manufactura y por este medio a llevarlas hacia la competitividad necesaria en la nueva economía.

Los conocimientos que pueden derivarse de los resultados hallados deben servir

de ejemplo a nuestra clase empresarial para asumir retos trayendo a sus organizaciones enfoques modernos que lo único que exigen es planeación, disciplina y perseverancia para su adopción, y que además permiten satisfacer la mentalidad cortoplacista, pues se demuestra que pueden impactar positivamente su desempeño en plazos relativamente cortos. Debe también reflexionarse sobre el papel preponderante que cumple la alta dirección para respaldar iniciativas como la desarrollada, pues sin un apoyo constante, motivante y obligante, cualquier iniciativa conducente a posicionar la organización con mentalidad ganadora en un entorno global no pasaría de ser una simple y buena intención.

Las organizaciones que estén dispuestas a emular esta experiencia pueden encontrar en esta investigación una guía metodológica adecuada para encaminar su proyecto camino hacia la esbeltez. No significa ello que no se aborde con una mentalidad crítica y de mejoramiento continuo cada una de las fases planteadas y las herramientas estadísticas usadas, así como el ensayar la adopción de varias herramientas simultáneamente.

5.2 RECOMENDACIONES

Los autores consideran que el trabajo realizado y los resultados encontrados deben servir en primer lugar a la organización $\alpha\beta$ S.A. para que las 5S puedan seguir siendo utilizadas para fortalecer la adopción de la filosofía de calidad, así como el fortalecimiento del liderazgo y comunicación dentro de la organización. La relación que se presenta con el liderazgo podría ser explicada por la característica de los programas de 5S. La experiencia indica que si otras organizaciones desean replicar la experiencia de este caso, ésta requiere en primer lugar del apoyo de la administración para que el programa arranque y se mantenga, los simples buenos deseos no funcionan si los trabajadores y empleados no reciben los recursos necesarios para realizar sus actividades. El apoyo que se da al programa de 5S está relacionado con el apoyo que da la administración en general, es decir que el liderazgo a nivel organización se podría incrementar si a las actividades de 5S se

les da el seguimiento adecuado. Los trabajadores se comprometerán con la administración al comprobar la seriedad del apoyo al programa y no como una simple moda o buenos deseos.

- ✓ Para $\alpha\beta$ S.A se recomienda en primer lugar consolidar la herramienta 5S haciendo énfasis en su extensión a todos los departamentos y áreas de la empresa replicando la experiencia piloto.
- ✓ Evaluar la adopción de otras herramientas de manufactura esbelta expuestas en el marco teórico, que complementen las 5S e ISO 9001.

5.3 TRABAJOS FUTUROS

Los investigadores consideran que este campo tiene variantes interesantes que explorar, y en este sentido se atreven a plantear las siguientes propuestas:

- ✓ Se plantea para otros investigadores explorar una relación causa efecto entre las métricas de calidad, productividad y tiempo de ciclo en un ambiente donde concurren un programa ISO 9001 y una implementación 5S tomando la influencia simultánea de las dos variables sobre las métricas, lo que significa realizar un análisis multivariante que permita establecer la responsabilidad que tienen diferentes variables predictoras (5S, ISO 9001, etc) en las métricas de manufactura estudiadas.
- ✓ Hacer un estudio comparativo del impacto en el corto plazo de una intervención 5S tomando 2 organizaciones, una con un ambiente desfavorable (sin ninguna herramienta de manufactura esbelta implementada) y otra con ambiente favorable (con al menos una herramienta de manufactura esbelta implementada).
- ✓ Otro estudio de Interés sería planteado a partir de replicar la metodología empleada tomando un grupo de empresas representativas de diversos

sectores económicos, con el ánimo de confirmar y generalizar tendencias en los resultados a nivel de correlaciones esperadas e impactos logrados en corto plazo mediante una intervención controlada con los principios 5S.

- ✓ También se sugiere estudiar la relación o el impacto que pueda existir entre la aplicación de la herramienta 5S y el desarrollo de la metodología seis sigma como inductor de un mayor impacto y celeridad de ésta última.

Estos cuestionamientos dan pie a seguir con la misma línea de trabajo de investigación y a encontrar respuestas que contribuyan a un mayor conocimiento de las sinergias que pueden generar la implementación de las 5S y demás herramientas de manufactura esbelta en búsqueda de la competitividad de nuestras organizaciones de cualquier tipo y tamaño.

BIBLIOGRAFÍA

LIBROS

BOWKER J, Statistical Engineering. 4^a ed. Bostón : McGraw Hill, 1983.

CHASE Richard, Aquilano Nicholas, Jacobs Robert "Administración de Producción y Operaciones" 8 ed. México : McGraw Hill, 2000.

CONOVER, W J. Practical Nonparametric Statistics (Wiley Series in Probability & Mathematical Statistics) Third edition. 1998.

HERNÁNDEZ, Sampieri, Roberto et all. Metodología de la investigación. Capítulo 2. Santa fe de Bogotá : Mc Graw Hill,1991, pág. 9 -19.

HIRANO, Hiroyuki,. Putting 5S to Work. The PHP Institute of America Inc. 1998.

HIRANO, Hiroyuki,. 5 Pillars of the Visual Workplace: The Sourcebook for 5s Implementation. Productivity Press. 1995.

IMAI, Masaaki. **GEMBA**, Kaizen. A Common Sense, Low Cost Approach to Management. London: McGraw-Hill, 1997.

IMAI, Masaaki. Cómo implementar el Kaizen en el Sitio de Trabajo. México : Mc Graw Hill . 1998.

OHNO Taiichi "Toyota Production System, Beyond Large-Scale Production". Productivity Press. 1988.

OSADA, T. "This is Why We Start a 5S Program", in Nikkan Kogyo Shimbun (ed.), Visual Control Systems, Factory Management Series, Productivity press, Portland, OR, 1995. pp. 131-151.

OSADA, T. 5S's: Five Keys to a Total Quality Control Environment, Asia Productivity Organization, Tokyo (distributed by Quality Resources, White Plains, NY), 1991.

SCHONBERGER, Richard "World Class Manufacturing: The next decade". Industry Week Vol. 245 No. 6.1996.

SEKARAN, Uma. Research Methods for Business: A Skill-Building Approach, Second Edition, John Wiley & Sons, Inc, New York, 1992.

WOMACK, James, Jones, Daniel "Lean Thinking: Banish Waste and Create Wealth in your Corporation". Editorial Simon & Schuster. 1996.

WOMACK, James, Jones, Daniel. Lean Thinking. 1 ed. España : Gestión 2000, España, 2005.

TOMADO DE INTERNET

ALBERT, Mark. (2004), art's Findarticles - This shop really shines ... and sorts, simplifies, standardizes and sustains; the 5S principles are providing to be a powerful prelude and prerequisite to lean manufacturing at this aerospace job shop
Modern Machine Shop, Jan, 2004, Recuperado Julio 24 de 2006 de
=["http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m3101/is_8_76/ai_112862177">](http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m3101/is_8_76/ai_112862177)

CHANESKY Wayne. Modern Machine Shop, July, 2004 recuperado 06 Agosto 2006, de
http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m3101/is_2_77/ai_n6136534>

GERARD, Alexis, and Bob Goldstein. *Going Visual: Using Images to Enhance Productivity, Decision Making, and Profits*. Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2005

KITANO M. (1997) Toyota Production System: one –by-one confirmation. Recuperado Junio 25, 2006, de <http://www.mfgeng.com/images/toyota.pdf>

TAGUCHI, Genichi: "On-line quality control during production". Japanese Standards Association, 1981. Recuperado 25 Julio 2006, de <http://www.conocimientosweb.net/portal/article639.html>

VARGAS R. Héctor. Manual implementación programa 5S Versión 1.0. Documento CAS. ISBN: 84-689-0085-0 San Gil, 2004. recuperado, Septiembre 3 de 2005. http://www.cas.gov.co/docsonline/manual_5s.pdf

ZIMMER, L 2000. Getting lean to boost profit. Manufacturing engineering Inc., recuperado en Junio 20, 2006, <http://www.mfgeng.com/images/formfab.pdf>

TESIS DISERTACIONES DOCTORALES Y OTROS TRABAJOS DE GRADO

ORTIZ, SALAZAR Roberto. Estudio sobre la relación del programa 5S y la filosofía Deming en empresas de Monterrey y su área Metropolitana. Monterrey, 1999 Tesis de grado. Maestría en Calidad. ITESM.

RIVAS M. José A. Aplicación de la técnica de la administración visual del piso de trabajo para una empresa pyme de manufactura. Tesis de grado. ITESM. Monterrey, Mayo 2003. recuperado Junio 10, 2006 [http://biblioteca.itesm.mx/cgi-bin/doctec/opensoc?cual=1179&archivo=20887&pagina=2&paginas=2&query=\(%22putting,5s,to,work,%22\),AND,tipo%3Da](http://biblioteca.itesm.mx/cgi-bin/doctec/opensoc?cual=1179&archivo=20887&pagina=2&paginas=2&query=(%22putting,5s,to,work,%22),AND,tipo%3Da)

A N E X O S

Anexo 1. Formato de evaluación Nivel 5S

Empresa: αβ S.A.		
Departamento: producción		
Área:		
Auditoría realizada por: JGS LD, RC		Fecha: dic. 2005
1. Selección	Puntaje	Observaciones
¿Hay máquinas, equipos, herramientas, estanterías, etc., que no se usan en el proceso productivo y que están en el sector?		
¿Existen materias primas innecesarias para el plan de producción actual?		
¿Se han identificado con tarjetas rojas los elementos innecesarios?		
¿Todos los Artículos innecesarios han sido removidos ó están en almacén o archivo o fueron desechados?		
MAX. 20		
2. Orden		
¿Se encuentran correctamente identificadas y almacenadas las materias primas en su lugar?		
¿Se encuentran demarcados y libres los pasillos de circulación?		
¿Se encuentran señalizados y en su lugar la ubicación de las herramientas y elementos de seguridad?		
¿Se colocan los artículos en su lugar después de usarse?		
MAX. 20		
3. Limpieza		
¿Están los suelos, máquinas y accesorios limpios?		
¿Hay recipientes para recolectar los desechos en forma diferenciada?		
¿Se ha realizado una limpieza correcta del sitio de trabajo?		
¿Tiene el área de trabajo mal olor, vidrios rotos, mobiliario en mal estado, persianas y mamparas rotas y sucias?		
MAX. 20		

4. Evaluación de la estandarización		
¿Existe un manual o procedimientos escritos para realizar las tareas de ordenamiento y limpieza?		
¿Existen procedimientos establecidos para la seguridad y emergencias?		
¿Todo el personal porta su uniforme y escarapela de identificación?		
¿Las paredes y techos están bien iluminados y ventilados?		
MAX. 20		
5. Disciplina		
¿Se ejecutan las tareas rutinarias según los procedimientos especificados?		
¿Se respetan las reglas de comportamiento en el sitio de trabajo?		
¿El personal conoce y aplica las 5S y controles visuales diseñados?		No aplica inicial
¿Las personas tienen su vestimenta limpia y sus elementos de seguridad en uso permanente?		
MAX. 20	/100	
<u>Nombre y firma del evaluador</u>	<u>Nombre y firma del evaluado</u>	Nombre y firma del Jefe de Dpto.

Anexo 2. Tabla Test Mann Whitney

		Tabla Test Mann Whitney												
		m	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
n	α													
2	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,01	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	0,025	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	2	2
	0,05	0	0	0	1	1	1	2	2	2	2	2	3	3
	0,1	0	1	1	2	2	2	3	3	4	4	4	5	5
3	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,005	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2
	0,01	0	0	0	0	0	1	1	2	2	2	3	3	3
	0,025	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	4	5	5
	0,05	0	1	2	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
	0,1	1	2	3	3	4	5	6	6	7	8	8	9	10
4	0,001	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	2
	0,005	0	0	0	0	1	1	2	2	3	3	4	4	4
	0,01	0	0	0	0	2	2	3	4	4	5	6	6	6
	0,025	0	0	0	1	3	4	5	5	6	7	8	9	9
	0,05	0	1	1	2	4	5	6	7	8	9	10	11	11
	0,1	1	2	2	4	6	7	8	10	11	12	13	14	14
5	0,001	0	0	0	0	0	0	1	2	2	3	3	4	4
	0,005	0	0	0	1	2	2	3	4	5	6	7	8	8
	0,01	0	0	0	2	3	4	5	6	7	8	9	10	10
	0,025	0	1	1	3	4	6	7	8	9	10	12	13	13
	0,05	1	2	2	5	6	7	9	10	12	13	14	16	16
	0,1	2	3	3	6	8	9	11	13	14	16	18	19	19
6	0,001	0	0	0	0	0	0	2	3	4	5	5	6	6
	0,005	0	0	0	2	3	4	5	6	7	8	10	11	11
	0,01	0	0	0	3	4	5	7	8	9	10	12	13	13
	0,025	0	2	2	4	6	7	9	11	12	14	15	17	17
	0,05	1	3	3	6	8	9	11	13	15	17	18	20	20
	0,1	2	4	4	8	10	12	14	16	18	20	22	24	24
7	0,001	0	0	0	0	1	2	3	4	6	7	8	9	9
	0,005	0	0	1	2	4	5	7	8	10	11	13	14	14
	0,01	0	1	2	4	5	7	8	10	12	13	15	17	17
	0,025	0	2	4	6	7	9	11	12	15	17	19	21	21
	0,05	1	3	5	7	9	12	14	16	18	20	22	25	25
	0,1	2	5	7	9	12	14	17	19	22	24	27	29	29
8	0,001	0	0	0	1	2	3	5	6	7	9	10	12	12
	0,005	0	0	2	3	5	7	8	10	12	14	16	18	18
	0,01	1	3	5	7	9	11	14	16	18	20	23	25	25
	0,05	2	4	6	9	11	14	16	19	21	24	27	29	29
	0,1	3	6	8	11	14	17	20	23	25	28	31	34	34
	9	0,001	0	0	0	2	3	4	6	8	9	11	13	15
0,005		0	1	2	4	6	8	10	12	14	17	19	21	21
0,01		0	2	4	6	8	10	12	15	17	19	22	24	24
0,025		1	3	5	8	11	13	16	18	21	24	27	29	29
0,05		2	5	7	10	13	16	19	22	25	28	31	34	34
0,1		3	6	10	13	16	19	23	26	29	32	36	39	39
10	0,001	0	0	1	2	4	6	7	9	11	13	15	18	18
	0,005	0	1	3	5	7	10	12	14	17	19	22	25	25
	0,01	0	2	4	7	9	12	14	17	20	23	25	28	28
	0,025	1	4	6	9	12	15	18	21	24	27	30	34	34
	0,05	2	5	8	12	15	18	21	25	28	32	35	38	38
	0,1	4	7	11	14	18	22	25	29	33	37	40	44	44

Tomada de Moreno Wilfrido Conferencias

Anexo 3. Cronograma de actividades.

ACTIVIDADES POR ETAPA	PERIODO DE IMPLEMENTACIÓN (Año 2005)						MANTENIMIENTO DEL PROGRAMA (Año 2006)								
	FECHAS	AGTO	SEPT	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MARZ	ABR	MAY	JUN	JUL	AGTO	SEP
1. EDUCACIÓN															
1.1 Compromiso de la Dirección y del Comité Gerencial	05-ago	realizado													
1.2 Promoción de las 5'S	Permanente		Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado		
1.3 Elaboración del Manual 5'S	Octubre- Nov.			realizado	realizado										
1.4 Preparación del curso de capacitación	Octubre			Realizado											
1.5 Educación en 5'S	Nov.		Realizado		Realizado										
1.6 Entrenamiento de auditores 5'S	Nov.				Realizado										
2. ACCIÓN															
2.1 Determinación de la situación actual	sept		Realizado												
2.2 Definición del mapa de responsabilidades	1-6 Oct			Realizado											
2.3 Coordinación para el proceso de limpieza profunda	Sep					Realizado									
2.4 Limpieza profunda en toda la empresa	10-ene						Realizado								
3. MEJORA															
3.1 Auditorías programadas en el área	21-31 oct					1ª audit.	2ª audit.	3ª audit.	4ª audit.	5ª audit.	6ª audit.	7ª audit.	8ª audit.	9ª audit.	10ª audit.
3.2 Auditorías al azar en cada sección	Periódicas				1ª auditoría	2ª auditoría	3ª auditoría	4ª auditoría	5ª auditoría						
3.3 Acciones correctivas y preventivas	Permanente				Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	Realizado	realizado	realizado	realizado	realizado	
3.4 Juntas 5'S para evaluar resultados y reconocimientos a las mejores áreas	Cada 2 auditorías							Realizado		Realizado		Realizado		Por ejec.	

Responsable del Proyecto: Ing José Gabriel Sanmiguel C , Ad. Lucía Diaz Z

Ing. Rolando Cermeño - Ing. Adriana Sanabria

Alcance: Departamento produccion

de capacitación, tablero y video beam. Computadora e impresora. Cartelera para realizar la

Anexo 4. Pruebas paramétricas y su alternativa no paramétrica.

Tipo de problema	Prueba paramétrica	Prueba no paramétrica
Medidas repetidas		Prueba del signo
2 periodos	t pareada	Wilcoxon
> 2 periodos	ANOVA	Friedman
Muestras independientes		Prueba de la mediana
2 grupos	t independiente	U de Mann Whitney
> 2 grupos	ANOVA una vía	Prueba de la mediana, Kruskal Wallis
Medidas de asociación	r de Pearson	rho de Spearman, tau de Kendall

Anexo 5. Metodologías sugeridas por diversos autores para implantar 5S

The TQM magazine (Warwood-Knowles)	SAMUEL HO	H HIRANO	EMS Consulting Group Inc (D. Mac Bride)
1. Compromiso directivo	1. Compromiso directivo	1. Establecer una Organización promocional	1. Organizar un Comité para el Programa.
2. Diseñar campaña Promocional	2. Diseñar campaña promocional	2. Diseñar campaña promocional	2. Desarrollar un Plan para cada S
3. Obtención de resultados.	3. Obtención de resultados	3. Crear campañas De materiales 5S	3. Diseñar Campaña promocional.
4. Entrenamiento en 5S	4. entrenamiento 5S	4. Proporcionar Capacitación y Entrenamiento.	4. Capacitación y Entrenamiento.
5. Evaluación	5. evaluación	5. Aplicación 5S	5. Seleccionar día para limpieza del sitio de trabajo.
		6. Evaluación y Seguimiento.	6. Seleccionar día para organizar el sitio de trabajo.
			7. Evaluación
			9. Realizar autodiagnósticos y Aplicar acciones correctivas.

Anexo 7. Resultados de corrida software SPSS para las hipótesis

Correlations

			CALIDAD	CINCO_ES
Spearman's rho	Correlation	CALIDAD	1,000	,772**
	Coefficient	CINCO_ES	,772**	1,000
	Sig. (1-tailed)	CALIDAD	,	,004
		CINCO_ES	,004	,
N	CALIDAD	10	10	
	CINCO_ES	10	10	

** . Correlation is significant at the .01 level (1-tailed).

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
CALIDAD	78,5000	9,1439	10
CINCO_ES	61,7000	19,2530	10

Correlations

			PRODUCTI	CINCO_ES
Spearman's rho	Correlation	PRODUCTI	1,000	,891**
	Coefficient	CINCO_ES	,891**	1,000
	Sig. (1-tailed)	PRODUCTI	,	,000
		CINCO_ES	,000	,
N	PRODUCTI	10	10	
	CINCO_ES	10	10	

** . Correlation is significant at the .01 level (1-tailed).

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
PRODUCTI	81,3000	8,8575	10
CINCO_ES	61,7000	19,2530	10

Correlations

			TCICLO	CINCO_ES
Spearman's rho	Correlation	TCICLO	1,000	-,927**
	Coefficient	CINCO_ES	-,927**	1,000
	Sig. (1-tailed)	TCICLO	,	,000
		CINCO_ES	,000	,
N	TCICLO	10	10	
	CINCO_ES	10	10	

** . Correlation is significant at the .01 level (1-tailed).

Descriptive Statistics

	Mean	Std. Deviation	N
TCICLO	4,3650	,9757	10
CINCO_ES	61,7000	19,2530	10