



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO**

---

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**Diseño de Mercado de Materiales:  
Reacomodo Ergonómico.**

**Trabajo realizado en Ford Mo. Co.**

**INFORME DE ACTIVIDADES PROFESIONALES**

Que para obtener el título de

**Ingeniero en Sistemas Biomédicos**

**P R E S E N T A**

Ana Paula Yañez Brand

**ASESOR DE INFORME**

M.I. Serafin Castañeda Cedeño



**Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2023**

# Índice

1. Marco Teórico .....	3
1.1. Historia de la Empresa .....	3
1.2 Ford Production System .....	4
1.3 Lean Manufacturing .....	6
1.3.1 Procesos en Manufactura.....	7
1.4 Ford Motor Company: CSAP.....	7
1.4.1 Material Planning and Logistics (MP&L).....	10
2. Objetivos.....	12
2.1 Objetivos específicos .....	12
3. Antecedentes.....	13
3.1 Biomecánica .....	13
3.2 Ergonomía .....	13
3.2.1 Trastornos Musculoesqueléticos.....	13
3.2.2 Fatiga Muscular .....	14
3.2.3 Estudio de cargas.....	15
4. Definición del Problema .....	16
5. Metodología .....	21
5.2 Enfoque ergonómico .....	21
5.2 Estantería de 4 niveles .....	23
5. Resultados Obtenidos.....	25
5.1 X <sup>1</sup> Antropometría.....	25
5.2 X <sup>2</sup> Peso del material.....	26
5.3 X <sup>3</sup> Frecuencia de surtido.....	26
5.4 X <sup>4</sup> Altura del rack (Estantería) .....	26
6. Conclusiones.....	29
Referencias .....	30

# 1. Marco Teórico

## 1.1. Historia de la Empresa

Henry Ford nació el 30 de julio de 1863, y fue el primogénito de los seis hijos que tuvieron William y Mary Ford. Creció en una granja familiar próspera y se educó en una escuela en la que había solo una clase, donde pronto destacó por su interés en la mecánica. Este interés fue transformándose en genialidad, lo que le hizo ganarse el reconocimiento mundial. [1]

A la edad de 12 años ya pasaba gran parte de su tiempo libre en una tienda de repuestos para maquinaria pequeña, donde consiguió las piezas necesarias para construir su primer motor a vapor. En 1878, con tan solo 15 años, Henry abandonó su hogar para instalarse en la ciudad vecina de Detroit, donde trabajaría como aprendiz de maquinista. Su aprendizaje duró 3 años y, tras él, regresó a su hogar en Dearborn. En los años siguientes, Henry repartió su tiempo entre probar y reparar motores de vapor, y su trabajo temporal en una fábrica de Detroit en la que supervisaba las herramientas de la granja de su padre.

No pasó mucho tiempo hasta que se convirtió en ingeniero para la Edison Illuminating Company en Detroit. Un ascenso a Ingeniero jefe dos años más tarde, le permitió obtener el tiempo y los fondos necesarios para poder dedicarse plenamente a su verdadera pasión, los motores de combustión interna. En 1896, la culminación de sus experimentos fue la construcción de un vehículo autopropulsado. Lo que lo llevo a renunciar a su posición en Edison en 1898, para fundar la Detroit Automobile Company. Desafortunadamente, la compañía entró en quiebra. [1]

La historia revivió y tuvo una verdadera revolución cuando, en 1903, se fundó la Ford Motor Company, con Henry Ford participando con el 25,5% del accionariado y actuando como vicepresidente e Ingeniero Jefe. Al principio, solo se produjeron unos pocos vehículos en la fábrica de Mack Avenue, Detroit, donde dos o tres personas se encargaban de ensamblar los vehículos gracias a los componentes diseñados y hechos a medida. El primer vehículo fabricado por la compañía se vendió en julio de 1903 y Henry se convirtió en presidente, pasando a ser el propietario de la empresa tres años más tarde.

Henry Ford hizo posible su sueño de producir un automóvil que fuese asequible, fiable y eficiente gracias al diseño de su primera cadena de montaje móvil en 1913, revolucionando el proceso de manufactura en su Ford Modelo T. Este vehículo marcó el inicio de una nueva era en el transporte personal, era fácil de manejar, mantener y maniobrar en carreteras en mal estado, teniendo un éxito inmediato. Esta cadena de montaje, en un primer momento instalada en la fábrica Ford de Highland Park, Michigan, fue el espejo de los procesos de producción en masa en el resto del mundo; este evento fue el parteaguas para la creación de las líneas de producción.

Ford logró aferrarse fuertemente a sus principios de producción y rápidamente se convirtió en uno de los hombres más ricos por haber puesto al mundo sobre ruedas. Para muchos es considerado el primer hombre que introdujo conceptos fundamentales para el posterior desarrollo de sistemas de producción. El éxito del método de Ford fue rápidamente copiado por muchos otros fabricantes que se inspiraron en sus ideas de la línea de ensamble coordinada, pero la mayoría de ellos aún no llegaba a comprender totalmente los principios fundamentales del sistema; hasta quizás el propio Ford tampoco entendía completamente lo que había creado y el por qué era tan acertado el método. Cuando el mundo comenzó a cambiar, el método fue analizado y adaptado a las nuevas tecnologías, pero el mismo Ford se opuso a cambiarlo. [2]

Así, por ejemplo, la producción de Ford dependía, por el contexto económico de Estados Unidos de aquellos años, de una mano de obra desesperada por el dinero y todos sus trabajadores sacrificaban su dignidad y amor propio por un mayor puñado de dólares. La prosperidad de los años 20's y el advenimiento de los sindicatos rápidamente entraron en conflicto con el sistema de producción creado por Ford. El incremento desmesurado de órdenes de producción también ocasionó tensiones en el personal de sus distintas plantas de producción. Año tras año se sucedían cambios en el modelo T, como por ejemplo la introducción de nuevos descubrimientos mecánicos, partes eléctricas o colores de los autos, que no pudieron ser asimilados rápidamente por los trabajadores ni por los procesos; por lo tanto, no caían bien en las fábricas de Ford y eran bastante resistidos por el personal. [2]

Henry Ford estaba en contra de la guerra y rechazaba la idea de construir armamento pesado aún cuando la idea de ir a una guerra era ya inminente para los Estados Unidos. Sin embargo, una vez que las fábricas de Ford lograron equiparse con nuevas máquinas para la producción de material bélico, lograron hacerlo a una notable escala de fabricación, gracias a la línea de producción. La victoria aliada en la Segunda Guerra Mundial y la cantidad de material bélico que los ejércitos victoriosos poseían, llamó la atención de las industrias japonesas que comenzaron a estudiar los métodos de producción americanos; en particular las prácticas de Ford, pero la administración de producción/operaciones continuaba su progreso gracias a la contribución de otras disciplinas y al aporte de distintas ciencias como la matemática, estadística, administración y economía, que lograban hacer posible el análisis sistémico y la mejora de los sistemas operativos. [2]

En otras compañías, como la Toyota Motor Company, Taichii Ohno y Shingeo Shingo comenzaron a introducir conceptos desarrollados por Ford y otras técnicas que les permitieron reconocer el papel fundamental del inventario en la producción. Estas técnicas se conocieron con el nombre de Sistema de Producción Toyota o Just in Time. La gente de Toyota reconoció también que el sistema Ford presentaba contradicciones y defectos; principalmente respecto a la fuerza de trabajo. [2]

En 1978 la marca ya tenía más de 40 plantas de fabricación fuera de Estados Unidos y su infraestructura crecía cada vez más. Se sucedían presidentes como Robert McNamara, Lee Laroca o Phillip Ladwell, mientras que a su vez se construyen coches míticos como el Ford Fiesta, Escort o Taurus. En los siguientes años expandieron el mercado introduciendo vehículos como el Explorer, el Mondeo, la introducción del Lincoln Navigator y el Ford GT en el 2004. Así mismo invirtiendo más en tecnología asociándose con Microsoft para ofrecer SYNC en sus vehículos a partir del 2008 y en el 2009 comienza a ofrecer su línea de motores EcoBoost. [1]

Hasta la fecha, Ford continua con su compromiso es ser la compañía más confiable en términos de movilidad y diseño de vehículos inteligentes que ayuden a las personas a transportarse de manera libre y segura. [3] Henry Ford transformó la vida de muchas personas con su visión de hacer accesible un automóvil que fuera tan práctico como asequible. Su desarrollo de la cadena de ensamblaje móvil y las técnicas de producción en masa, marcaron un estándar mundial durante la primera mitad del siglo XX.

## 1.2 Ford Production System

El sistema de producción de Ford (Ford Production System por sus siglas en inglés, FPS) se basa en la mejora continua, integrando un sistema lean de producción global, flexible y disciplinado que

abarca un conjunto de principios y procesos para impulsar un ambiente de manufactura esbelta o lean manufacturing. Tiene el objetivo de ser el mejor en el mundo. [4]



Ilustración 1 Sistema de Producción Ford (FPS).

El FPS posee siete KPI (Key Performance Indicators, indicadores de desempeño), también conocidos como medibles o métricos. Estos medibles se implementan realizándose un seguimiento continuo o monitorización de todas las plantas de fabricación mediante el Score Card que integra el SQDCPME), que mantiene a centrarse en los componentes vitales de un negocio sostenible:

- Seguridad (S)
- Calidad (Q)
- Entrega (D)
- Costo (C)
- Personas (P)
- Mantenimiento (M)
- medio Ambiente (E)

Las áreas de la planta CSAP, anteriormente mencionadas, trabajan en conjunto para entregar un producto de mayor calidad al cliente, para lograr este objetivo se rigen por el FPS. Una forma de visualizar el FPS es como un sistema 0/100 donde tenemos 0 accidentes (S), 0 daños a la unidad (S) y 0 paros de línea (D) y obtenemos 100% Seguridad, 100% y 100% Flujo. Los ceros son las entradas del proceso y el 100 las salidas. Estos los podemos analizar en la parte de "Goals" (objetivos) de la Ilustración 1.

Al analizar los indicadores de los tres métricos se puede analizar el concepto de un sistema 0/100; donde en la entrada de nuestro proceso se buscan 0 accidentes, 0 daños a la unidad y 0 paros de línea para obtener 100% seguridad, 100% calidad y 100% flujo.

En la cima del FPS, podemos observar los KUPS (Key Unifying Process, Procesos Clave de Unificación por sus siglas en inglés) que son los procesos o métodos por los cuales se busca cumplir los métricos del FPS. Los KUPS son los siguientes:

- Despliegue de Políticas
- Administración Visual
- Confirmación de Procesos
- Manejo de Datos y Tiempo (TDM)
- Organización Alineada y Capaz

Los elementos clave del sistema incluyen grupos autónomos de trabajo, tolerancia cero a los residuos/defectos, alinear globalmente la capacidad de fabricación a la demanda del mercado, la optimización de la producción para un mejor rendimiento y la reducción total de costes para impulsar el negocio. [4]

El Score Card es un tablero que expone los indicadores y el estatus que tienen; en la planta usamos una escala semáforo: color rojo para indicadores que estén en un rango crítico, color amarillo para indicadores que estén en un rango de status en proceso y color verde para indicadores que estén en un rango bueno. Este es revisado mensualmente en todos los niveles valorando el estado del progreso contra los objetivos SQDCPME, desde el gerente de planta, hasta los Process Coach y Team Leaders. Cada empleado de producción tiene una revisión anual de rendimiento (revisión de objetivos anuales) que se basa en los objetivos que se derivan del Score Card. A principios de cada año, globalmente, los objetivos de la empresa a nivel mundial son desplegados en cascada a través de cada planta por todas las áreas llegando hasta el empleado de nivel de piso. Este despliegue de información favorece la alineación de los objetivos y medidas de desempeño en toda la organización quedando claro los Roles y Responsabilidades para alcanzarlos. [4]

### 1.3 Lean Manufacturing

El marco Lean significa busca utilizar los recursos necesarios y el tiempo mínimo para hacer lo que se debe hacer y cuando se debe hacer. [5] La manufactura Lean busca una forma de mejorar y optimizar el sistema de producción, tratando de eliminar o reducir todas las actividades que no agregan valor al proceso de producción [5] conocidos como desperdicios o muda. El desperdicio o muda es todo lo que consume recursos, pero no crea valor: transporte, inventario, movimiento, talento no utilizado, tiempo de espera, producción excesiva, procesamiento excesivo y defectos. Podemos visualizarnos en la Ilustración 2.

El marco Lean o su forma de pensamiento incluye un modelo mental que asiste al proceso de pensamiento sistémico como guía para la implementación del planeamiento estratégico. No existe una receta única para la fabricación, cada empresa tiene su propio sistema de productos, procesos, gente e historia. La estrategia de producción siempre será un proceso difícil, incierto e individual, pero esto no debe evitar que se utilice la ciencia disponible para encarar el problema. [2]



Ilustración 2 Los siete desperdicios originales, más el octavo desperdicio: Talento no utilizado.

### 1.3.1 Procesos en Manufactura

En la manufactura existe la búsqueda de la optimización de procesos a través de la estandarización de estos, la cual consiste en definir y uniformar procedimientos, de modo que todas las personas que participan en el, usan permanentemente los mismos procedimientos. [6]. Un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades mediante las cuales uno o varios insumos son transformados y adquieren un valor agregado, obteniéndose así un producto para un cliente. [2]

Kaizen es un concepto japonés de administración que se puede traducir como un cambio incremental que incluye calidad, participación de los empleados en el cambio y comunicación, elementos esenciales también en un proceso ergonómico. [7]

### 1.4 Ford Motor Company: CSAP

La empresa Ford Motor Company, es una organización multinacional fundada en Estados Unidos la cual se dedica a la construcción de automóviles con base en Michigan, Estados Unidos. Es considerada una compañía global, la cual busca facilitar la vida de sus clientes. Esta filosofía es la que ha marcado toda la historia de Ford, hasta el día de hoy; misma que se desprende de las palabras de Bill Ford:

*"Las empresas progresistas entienden que los asuntos medioambientales y sociales son asuntos empresariales. Entienden que, en definitiva, solo pueden tener el mismo éxito que el mundo en el que se desenvuelven. Ésta siempre ha sido nuestra creencia en Ford Motor Company. Para nosotros, nuestra función como colaborador con la comunidad es motivo de orgullo, y es un*

*factor importante en nuestro éxito como empresa. Nuestra intención es ir un paso más allá y ayudar a solucionar muchos de los problemas a los que se enfrenta nuestra sociedad." [1]*

Los estándares de la empresa son los siguientes [1]:

- Visión: convertirnos en la empresa líder de productos y soluciones de automoción.
- Misión: formamos una familia con diversidad global, con un legado orgulloso, comprometida apasionadamente en proporcionar productos y servicios de primera calidad.
- Valores: hacemos lo correcto para nuestra gente, nuestro entorno y nuestra sociedad, pero sobre todo para nuestros clientes.

La planta CSAP (Cuatitlan Stamping and Assembly Plant) de la empresa Ford Motor Company fue fundada en el año 1964, cuenta con mil empleados de los cuales 885 aproximadamente son técnicos (sueldo por hora). Es la primera en producir un carro eléctrico de la marca, más allá, el modelo de carro que se produce es un Mustang, llamado Ford Mustang Mach E.

Las grandes compañías asignan generalmente cada función a una dirección por separado, el cual asume la responsabilidad por ciertas actividades. Sin embargo, muchas de esas funciones están relacionadas entre sí, por lo que la coordinación y la comunicación efectiva son esenciales para alcanzar las metas de una organización. [2] Es por esto, por lo que la planta cuenta con siete áreas principales: Materiales, Estampado, Carrocerías, Pintura, Ensamble, Calidad y Recursos Humanos. Es importante mencionar que El concepto de un sistema de producción se aplica no sólo a una organización completa, sino también al trabajo de cada departamento. Todos los departamentos tienen procesos de trabajo y clientes (ya sea internos o externos). [2]

Podemos observar un organigrama muy general de la planta en la Ilustración 3. Hay un gerente de planta a quien le reportan los 6 gerentes de área, a estos a su vez le reportan los gerentes de subáreas. Los Lead Process Coach reportan a los gerentes de subáreas, los Process Coach reportan a los dos anteriores. Los técnicos universales reportan a un Team Leader y Process Coach, el Team Leader reporta a Process Coach y Lead Process Coach.

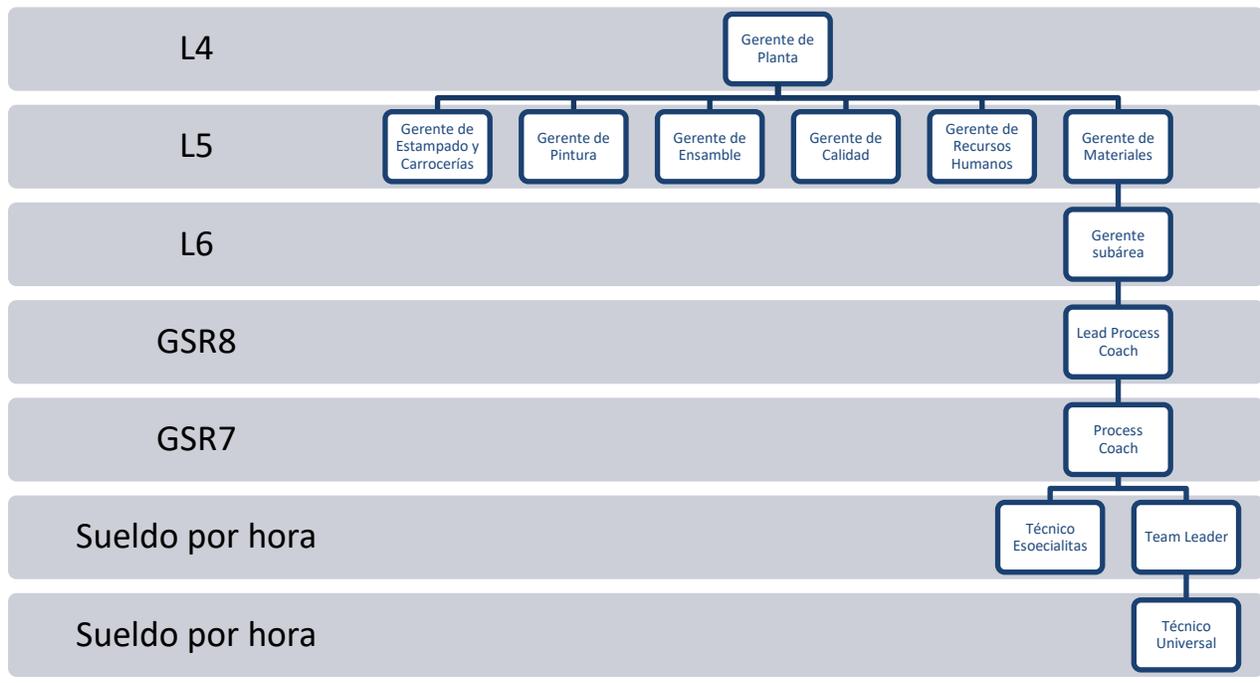


Ilustración 3 Organigrama de las posiciones de la empresa.

Ingresa como intern a la planta CSAP de Ford, el proceso cuenta de 4 etapas:

- Técnico Universal:** Ensamblando en la línea de producción. Mi función aparte de seguir lo indicado en su hoja de proceso es reportar la anomalía y la mejora continua; estos tres pasos son conocidos como las tres responsabilidades del técnico: mejora continua, reporte de anomalía y seguimiento de QPS (hoja de proceso).  
En mi experiencia, estuve dos semanas en la estación 2 de la línea de baterías, mi responsabilidad era poner 4 cold plates y escanearlos, para que los leyera el sistema de Error Proofing (escaneas material para asegurar que se instala el correcto). Tenía que elegir entre dos opciones de material de acuerdo con la batería que se ensamblaba, 3P o 4P. También estuve en el área de materiales, en el mercado Card: mi responsabilidad era despaletizar los pallets de material y depositarlos en los diferentes niveles de estantería, tenía que reportar cuando se violaba el mínimo de un material (cantidad mínima que debe de haber como inventario).
- Team leader:** Líder de una parte de la línea y el grupo de técnicos que laboran dentro de ese segmento. Reporta a Process Coach en juntas de arranque.  
En el área de materiales me tocó cubrir esta posición, de igual manera en el Mercado Card, atendía bomberazos de material faltante en la línea, validaba el seguimiento de estándares en las 8 rutas, validaba los mínimos de mercado para asegurar el inventario, etc.
- Técnico especialista:** Técnico con grado de habilidades y conocimientos específicos que cumple con tareas específicas.

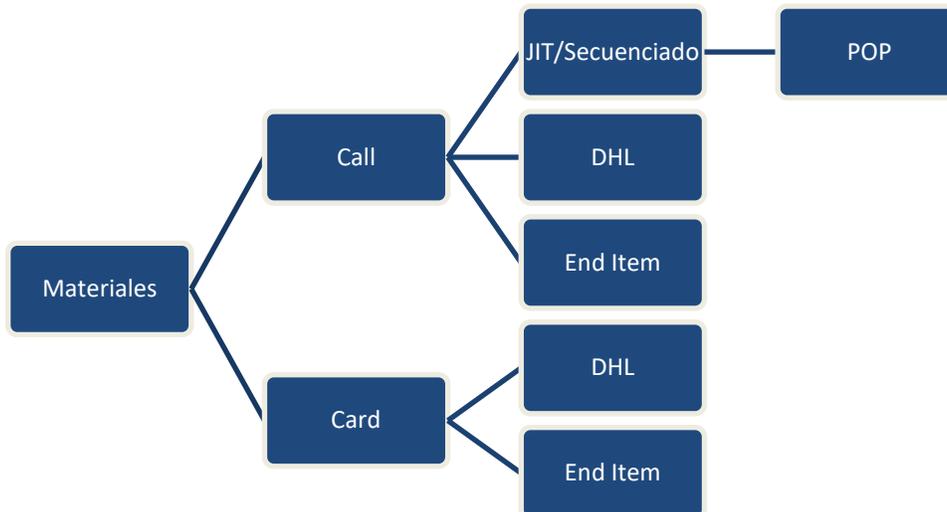
Este rol lo ejercí en el área de manufactura en materiales, el área me invito a desarrollar un proyecto de estantería de acuerdo con lo que había propuesto en mi rol como Team Leader.

- **Process Coach:** Ingeniero a cargo de grupo de Team leaders, técnicos y técnicos especialistas. Da arranque con su grupo de trabajo, analiza información como cuellos de botella, paros de línea, mejoras en calidad y entrega, etc. Está a cargo del Score Card de sus líneas.  
Cerré el proceso de intern en manufactura materiales, dirigiendo el reacomodo del Mercado Card.

### 1.4.1 Material Planning and Logistics (MP&L)

El área de materiales (MP&L) se encarga de que cada material llega en tiempo (no generar paros en la línea de producción) y en forma (la opción correcta para no generar defectos, mandar faltante el material, retrabajos, campañas e incluso paros de línea) a todas las estaciones de trabajo de la línea de producción.

El material se divide en dos principales grupos: Call y Card. El material Call es aquel que sus dimensiones (pieza y/o empaque) no están dentro del estándar ergonómico Ford (muy grande) y pesa más de 30 lb (empaque o pieza); el material Card es aquel que sus dimensiones son fácilmente manipulables por el técnico (ensamble) y su empaque pesa menos de 30 lb.



*Ilustración 4 Tipos de materiales*

Dentro de estos dos grupos de materiales se tiene subconjuntos: Secuenciado/Just in Time, End Item, DHL, POP. El material Secuenciado o Just in Time es aquel que viene ordenado consecutivamente respecto al orden en el que es requerido (pasan los vehículos por la estación de trabajo); el material End Item con aquellos que se almacenan en Ford; el material DHL es aquel que su almacén está dentro de DHL; y el material POP es aquel que viene sub-ensamblado en el material JIT. Podemos analizar los tipos de materiales de mejor manera en la Ilustración 4.

### 1.4.1.1 Manufactura Materiales

El área de manufactura es un área de soporte a producción o todas las áreas de servicio de la planta. El área de manufactura en materiales tiene como objetivo mejorar las condiciones de trabajo de los técnicos, hacer más eficiente el trabajo diario, está a cargo del manejo del cambio asegurando que la integridad de los 4 pilares de la manufactura: Infraestructura, Procesos y herramientas, TDM (Time and Data Management) y Personas. En esta área, colaboré como técnico de manufactura y Process Coach de Manufactura, durante este periodo se requieren Kaizenes (mejoras) con los cuales desarrollé un proyecto.

Podemos analizar los puestos que recorrí en la Ilustración 5. Yo viví estas cuatro etapas en el área de MP&L (Material Planning and Logistics).

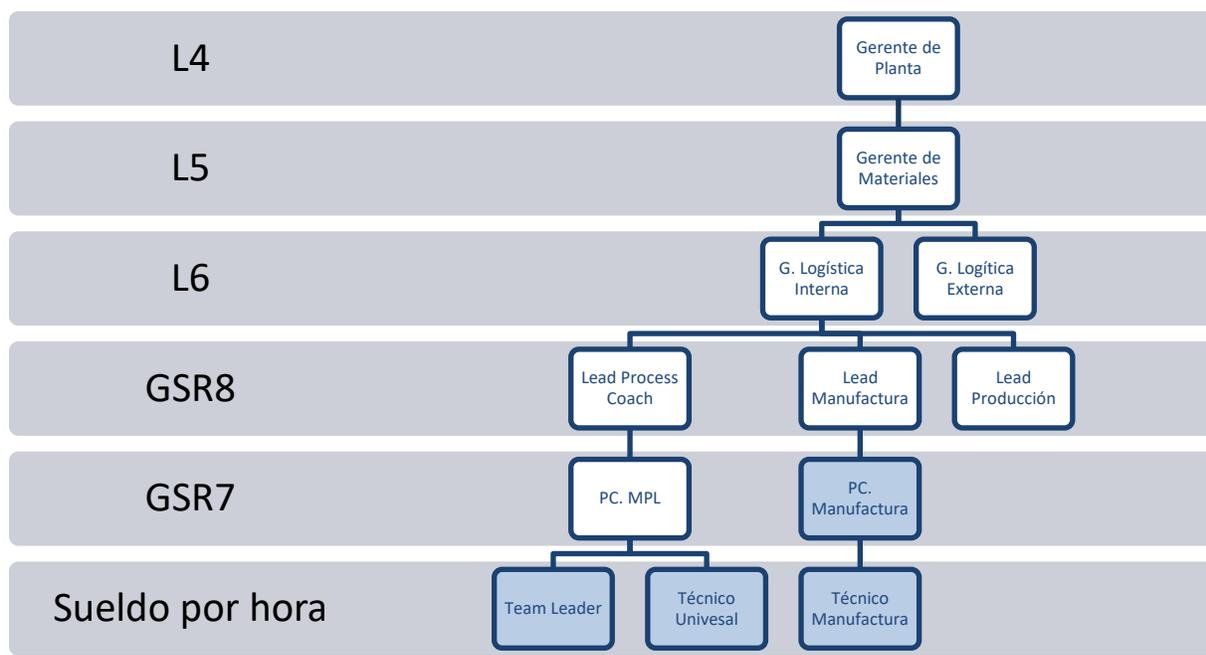


Ilustración 5 Organigrama del área de Materiales (MP&L). En azul podemos ver las posiciones que ocupe en mi proceso de intern.

## 2. Objetivos

Diseñar y reacomodar la distribución de los materiales del mercado Card de materiales, con enfoque ergonómico para disminuir la fatiga muscular en los trabajadores del área y por lo tanto, el número de incidentes de seguridad de la misma; mejorando tiempos de surtido, eliminando desperdicios y haciendo más eficiente el proceso.

### 2.1 Objetivos específicos

- Mejorar el métrico de Seguridad del Score Card del CIM (Cuadro de la Mejora) del área de MP&L (Material Planning and Logistics).
- Disminuir la cantidad de FTOVs en el Mercado Card de materiales.
- Acomodar los materiales Card en la estantería con un enfoque ergonómico.
- Disminuir los desperdicios en el proceso de surtido de góndolas del Mercado Card.

## 3. Antecedentes

### 3.1 Biomecánica

El cuerpo humano es uno de los principales objetos de estudio del hombre y la intención de comprender su funcionamiento nos conduce a profundizar cada vez más en su estudio. [8] La Biomecánica es la disciplina que se ocupa del análisis físico de sistemas biológicos, consecuentemente del movimiento del cuerpo humano. Estos movimientos son estudiados a través de leyes y patrones mecánicos en función de las características incluyendo los conocimientos anatómicos y fisiológicos. [9]

La Biomecánica pretende analizar las causas y fenómenos vinculados al movimiento para obtener una mejor comprensión de la complejidad y explicar sus causas, considerando otros aspectos del análisis multidisciplinario [9]; busca explicar el porqué del movimiento, para hacer precisiones acerca de la manera de realizarlos de la forma más eficazmente posible, orientar acerca de la correcta realización de algunos ejercicios y poder eliminar el riesgo de lesiones. [10] Sin un entendimiento correcto de las causas del movimiento, se pueden tener dificultades en identificar los factores que contribuyen para el desempeño y pueden interpretar mal el movimiento. [11]

### 3.2 Ergonomía

Ergonomía es el estudio científico del trabajo humano, a es el estudio de las formas en las que se puede ayudar a las personas a trabajar de manera más eficiente y sin lesiones en su entorno. En un área de trabajo, la ergonomía ayuda a adaptar el trabajo al trabajador, considerando las capacidades y los límites físicos y mentales del trabajador cuando interactúa con las herramientas, el equipo, los métodos de trabajo, las tareas y el entorno de trabajo. [12]

#### 3.2.1 Trastornos Musculoesqueléticos

Un Trastorno musculoesquelético (Musculoskeletal Disorders: MSD, por su nombre y siglas en inglés) es una lesión o enfermedad de los tejidos blandos de la extremidad superior, hombros y cuello, espalda baja y extremidad inferior. Es causado principalmente o empeorado por factores de riesgo en el área de trabajo, tal como esfuerzos continuos y repetidos o posturas y maniobras incómodas. Incluidos están los trastornos de los músculos, nervios, tendones, ligamentos, articulaciones, cartílagos y discos de la columna vertebral. Las afecciones médicas generalmente se desarrollan gradualmente durante un período de tiempo y generalmente no son el resultado de un solo evento. Las lesiones que resultan de resbalones, tropiezos, caídas y accidentes similares no son consideradas un MSD [12].

Los factores de riesgo de trastornos musculoesqueléticos se encuentran en la mayoría de las ocupaciones, desde el sector de la construcción, manufactura, fabricación, restaurantes, tiendas minoristas y oficinas. Si bien las posibilidades de sufrir lesiones en el trabajo son muchas, las siguientes actividades y condiciones de trabajo aumentan las posibilidades de sufrir trastornos musculoesqueléticos (MSDs) [12]:

- **Movimientos repetitivos:** Las metas de producción por hora o por día pueden requerir que las muñecas, los brazos, la espalda, el cuello o las rodillas del trabajador realicen movimientos repetidos a un ritmo rápido. Los movimientos repetitivos frecuentes fatigan los músculos y pueden dañar los nervios, las articulaciones y los ligamentos.
- **Fuerza excesiva:** Muchas tareas requieren momentos de fuerza excesiva o presión localizada, tal como quitar un tornillo oxidado. La fuerza requiere de esfuerzo muscular, lo cual causa fatiga y aumenta las posibilidades de desarrollar MSD.
- **Posturas incómodas:** Las posturas neutrales reducen el estrés en los músculos, tendones, nervios y huesos. Doblar, alcanzar objetos o torcer el cuello, la espalda, los brazos o las piernas puede poner los músculos y los tendones en desventaja y aumentar la probabilidad de desarrollar trastornos musculoesqueléticos.
- **Fuerza:** El esfuerzo enérgico, tal como levantar, jalar, sujetar o empujar objetos pesados o incómodos, puede sobrecargar los músculos y provocar los MSD.
- **Posturas estáticas:** Las posturas estáticas o estacionarias privan a los músculos del oxígeno necesario y pueden provocar fatiga y MSD. Algunos ejemplos de posturas potencialmente dañinas incluyen permanecer de pie en la misma posición durante ocho horas, sostener una herramienta de mano durante 60 minutos continuos o mantener los brazos levantados por encima de la cabeza por 30 minutos.
- **Estrés de contacto:** El estrés de contacto es el resultado del roce constante entre superficies duras o afiladas y el tejido sensible del cuerpo, generalmente en los dedos, las palmas de las manos, los muslos o los pies. La presión localizada que ejerce el estrés de contacto en un área del cuerpo puede reducir el flujo sanguíneo, la función nerviosa y el movimiento de tendones y músculos.

### 3.2.2 Fatiga Muscular

La fatiga es la incapacidad para seguir generando un nivel de fuerza o una intensidad de ejercicio determinada [13], es un estado que se genera después de una actividad física constante. [14] Es producido en relación con actividades que requieren tensión muscular y movimientos repetitivos en un grupo de músculos o tendones. Estos movimientos repetitivos en el trabajo provocan pequeñas lesiones que con el tiempo se hacen crónicas y dan lugar a un daño permanente. La frecuencia de realizar el mismo proceso nos invita a complementar la mejora en la manufactura con un enfoque ergonómico. La ergonomía busca la reducción o eliminación de actividades relacionadas con el quehacer de los trabajadores de un proceso. [7] Este tipo de lesiones se han convertido en uno de los problemas de desgaste más propensos entre los trabajadores debido a la repartición de tareas (línea de producción), y factores organizacionales como el aumento de los ritmos de producción.

La fatiga muscular es un fenómeno multicausal. Entendida desde el punto de vista de las unidades motoras, esta se define como una reducción en la fuerza máxima que pueden producir. Dependiendo del tipo de unidad motora la fatiga es detectable o casi indetectable. La fatiga muscular a este nivel se relaciona con la capacidad que tenga la fibra de abastecerse de energía. Existen cuatro maneras en las que esto se produce [3]:

- ATP almacenado en la fibra muscular.
- Fosforilación de ADP (residuo de la contracción muscular) utilizando Fosfato de Creatina almacenado en la fibra muscular para regenerar ATP.
- Glucólisis de glucógeno almacenado en la fibra muscular para formar ATP. Este ATP puede utilizarse para la contracción muscular o para generar Fosfato de Creatina.
- Metabolismo de oxidación, es decir, la combinación de oxígeno de la sangre, residuos de la glucólisis y carbohidratos, grasas y proteínas disueltas en el musculo para formar ATP.

El ATP y Fosfato de Creatina almacenados en el musculo tienen baja concentración, por lo que no son determinantes en la capacidad de mantener la contracción. La glucólisis y el metabolismo de oxidación se encargan de reponer el ATP y definen el comportamiento en el tiempo. En el caso de las unidades motoras tipo F, el mecanismo principal de abastecimiento de energía es la glucólisis. [15]

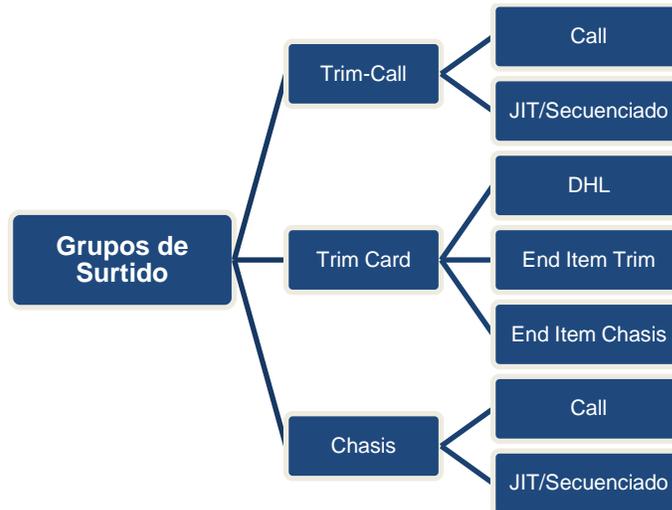
Esto explica la fatigabilidad, es decir, la elevada tasa de reducción de la fuerza máxima que puede generar, de este tipo de unidades motoras, ya que depende del glucógeno almacenado en la fibra muscular. Por otro lado, en las unidades motoras tipo S, predomina el metabolismo de oxidación. [15] En este caso, la contracción muscular puede mantenerse indefinidamente, siempre y cuando haya suministro de oxígeno a través de la sangre y nutrientes suficientes en el musculo. [15]

### 3.2.3 Estudio de cargas

El estudio de las cargas mecánicas es importante para obtener un análisis real de las fuerzas aplicadas en un determinado lugar y momento. Así, el objetivo principal de los estudios con control de cargas es identificar la acción de las fuerzas durante un movimiento y evitar un aumento de la probabilidad de riesgo de las lesiones. Tienen un papel fundamental, pues ellos se desarrollan, entre otras cosas, para mejorar la protección del practicante y disminuir el riesgo de lesiones. [8]

## 4. Definición del Problema

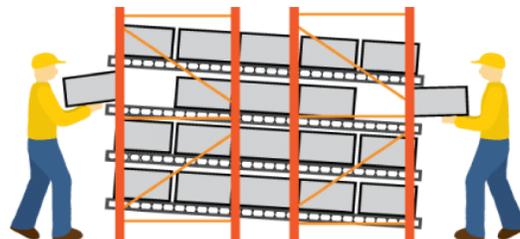
El área de materiales surte material a toda la línea de producción durante los dos turnos; Para esto, tienen tres grupos de surtido encargados de surtir material: Grupo de surtido Trim-Card, Grupo de surtido Trim-Call y grupo de surtido Chasis (Call). Podemos analizar el material que entregan en la siguiente ilustración.



*Ilustración 6 Grupos de Surtido de Materiales y el tipo de material que entregan.*

El grupo de surtido Trim-Card que se dedica a entregar End Item (Trim y Chasis), está constituido por ocho rutas que entregan el material en diferentes secciones de la planta. Estas rutas surten su material del Mercado Card y cada ruta es administrada por un técnico universal del área de materiales.

El material llega en cajas de tráiler es descargado por el grupo de trabajo de recibo y con montacargas se entregan los diferentes pallets o racks en el mercado correspondiente. Hablando del mercado Card, existen 3 técnico llamados despaletizadores encargados de tomar las cajas de material contenido en un pallet y colocarla sen racks como el técnico de la izquierda mostrado en la ilustración 7.



*Ilustración 6 Izq. a derecha: Despaletizador surtiendo estantería, técnico de surtido Card tomando su material para depositarlo en góndola.*

El mercado Card está constituido por 7 pasillos, cada uno con 12 estantes de 2 a 3 niveles cada uno, donde se almacenan más de 900 materiales que deben de ser entregados día a día. En la Ilustración 8 podemos apreciar la distribución de los materiales de cada ruta en toda la estantería:

aquí podemos analizar dos puntos principales: la secuencia de los estantes tiene sentidos diferentes en los pasillos A y B vs C, D, E, F, G; los materiales que llevara el técnico (uno por ruta) están distribuidos en muchos estantes, generando transporte y movimientos innecesario (desperdicios). Los pasillos están mostrados entre las barras grises. Hay pasillos entre estantes A-B, C-D, E-F y G. El pasillo G resguardaba standard parts (material que es usado por varias rutas).

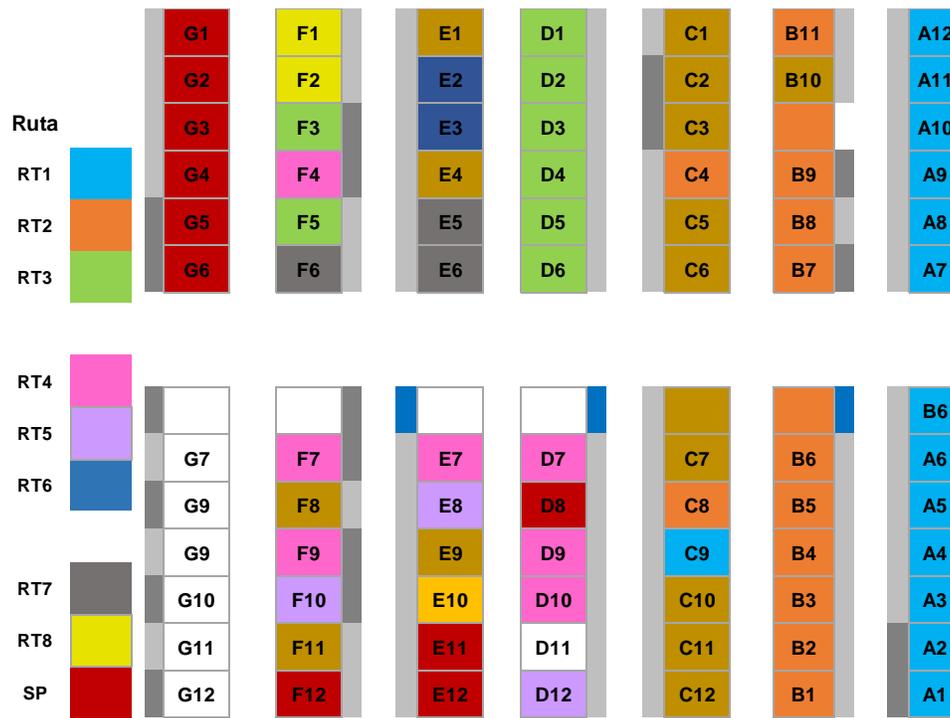


Ilustración 8 Acomodo Inicial del Mercado Card

En cada uno de los pasillos del mercado Card, circulaban entre 3 y 5 de las 8 rutas generando cuellos de botella y condiciones inseguras. Esta aglomeración se debía a que el material que cada ruta debía surtir estaba distribuido en estantes de diferentes pasillos de estantería, generando transporte incensario, movimientos innecesarios, retrabajos, etc.

Los ocho técnicos encargados de surtir el material se guían en una lista de surtido (conocida como Picklist), la cual les indica cuantos y de cual material (cantidad y tipo de material) tienen que llevar desde mercado hasta las diferentes estaciones de trabajo de todas las líneas de producción de la planta. Para esto, los técnicos toman el material de los diferentes estantes donde se ubican. Por ejemplo, la ruta 5 (mostrada en color rosa) tenía que pasar por el pasillo C-D, E-F y G. y por estantes en diferente orden. Después, lo depositan en su góndola (carrito de surtido) y prosiguen con el siguiente material hasta que tengan todos los contenidos en el Picklist. Una vez surtidos todos los materiales en la góndola, se dirigen a la línea donde surtirán el material, y lo van entregando en las diferentes estaciones de trabajo. Podemos analizar el proceso de manera más específica en la Ilustración 9, donde se ve expuesto todo el Mapa de Proceso de los técnicos que surten material Card.

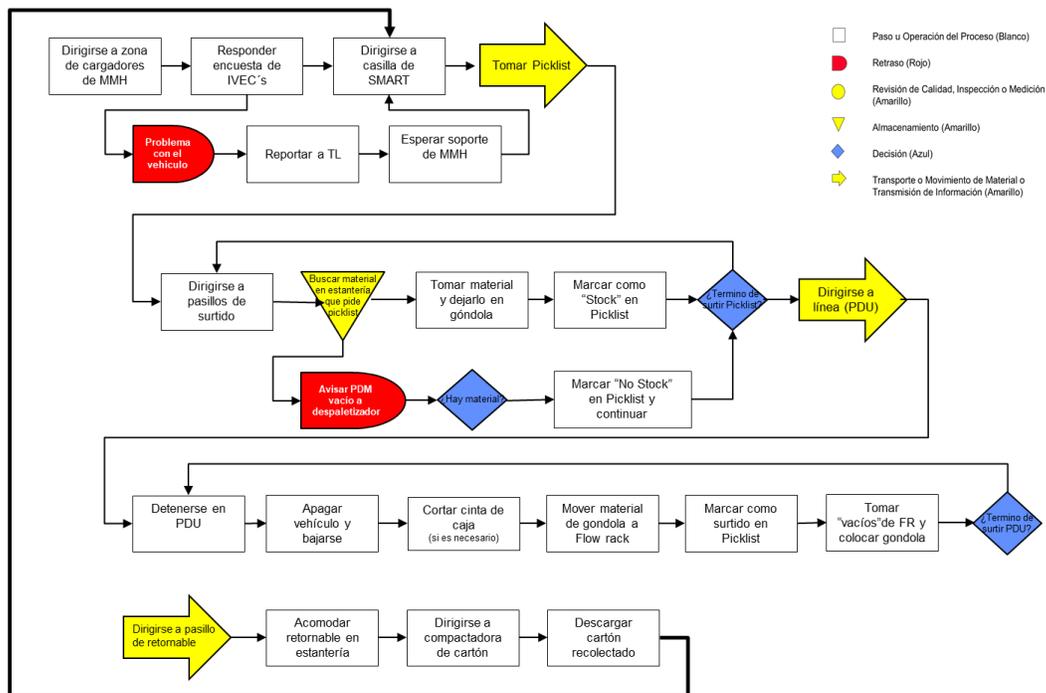


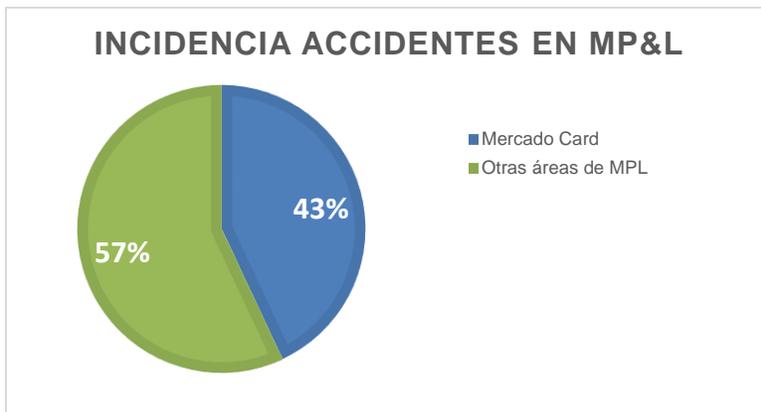
Ilustración 7 Mapa de Proceso de Surtido Card (SIPOC).

Como se mencionó anteriormente, el estándar del empaque de material Card es que no puede pesar más de 13 [kg], lo que nos da materiales con peso de 0.5 a 13 [kg]. Cuando los técnicos toman el material para subirlo a su carrito, realizan esta actividad por 20 [min], 8 veces al día. Ninguno de los técnicos emplea un asistente de carga. Esta condición propicia la existencia de factores de riesgo para la generación de trastornos musculoesqueléticos, específicamente las siguientes condiciones: Fuerza que requiere de esfuerzo muscular, lo cual causa fatiga; Posturas incómodas y el esfuerzo energético.

En el primer capítulo se habló del FPS donde se mencionó que el primer eslabón del sistema de manufactura es la Seguridad, y su métrico principal es 0 accidentes o lesiones; Este eslabón cuida la integridad de la salud del empleado dentro de la empresa. La filosofía del FPS, te motiva e impulsa a buscar áreas de oportunidad o hallazgos de seguridad que propicien condiciones más seguras en el área de trabajo; busca la mejora continua.

Para alcanzar este objetivo, los equipos de manufactura y seguridad trabajan de la mano analizando todos y cada uno de los riesgos de las estaciones, graficando y midiendo el esfuerzo que realiza cada uno de los técnicos en la línea de producción. Ellos se apoyan en herramientas ergonómicas para cuantificar los resultados y sus mejoras.

Un FTOV es considerado un accidente que genera acudir a servicio médico; es parte de los métricos del Score Card de Seguridad. De los accidentes (FTOV) reportado en el área de materiales, un 43% ocurren en el mercado Card. Este porcentaje lo podemos apreciar en la Ilustración 10. Este es un indicador sobre los niveles de seguridad de las diferentes áreas de la empresa.



*Ilustración 10 Incidencia de Accidentes en el área MP&L*

Cuando hablamos de métricos relacionados a seguridad, hablamos directamente de la salud de los empleados. Un indicador de seguridad nos habla del estatus de bienestar de los técnicos que se desenvuelven en el área. En caso de tener un indicador en rojo, significa la existencia de potenciales modos de falla o accidentes en las áreas de trabajo del mercado Card. Por otro lado, cualquier métrico que este en rojo en Score Card, es un área de oportunidad o de mejora para el área. Recordemos que el métrico de Seguridad es el primero en el FPS y para el área de materiales, se encuentra penalizado en el Score Card.

Si nos remitimos al Score Card, del área de materiales, podemos analizar que las estaciones de Surtido y la carga de trabajo, del mercado Card, se encuentran en estatus rojo. Un estatus rojo indica que no un métrico o indicador no está dentro del rango deseado o dentro de los parámetros considerados como estándar. El Score Card lo podemos analizar en la Ilustración 18.

<span style="margin-left: 10px;">CIM - Trim</span> <span style="margin-left: 20px;">route status</span>											
Estación	ISRA	Ergonomía	Est. Recibo	Est. Mercado	Est. Surtido	Estación libre de daños	Carga de trabajo	MUDA	Complejidad	OUTPUT	
M06	100%	100%	N/A	N/A	100%	100%	72%	91%	83%	S	Qint Qext Flow
M07	100%	100%	N/A	N/A	67%	100%	87%	91%	83%	S	Qint Qext Flow
M08	100%	100%	N/A	N/A	67%	100%	77%	73%	50%	S	Qint Qext Flow
M09	100%	100%	N/A	N/A	100%	100%	87%	91%	83%	S	Qint Qext Flow
RT1	100%	100%	N/A	N/A	78%	83%	78%	73%	83%	S	Qint Qext Flow
RT2	100%	100%	N/A	N/A	78%	83%	89%	73%	83%	S	Qint Qext Flow
RT3	100%	100%	N/A	N/A	78%	83%	56%	73%	67%	S	Qint Qext Flow
RT4	100%	100%	N/A	N/A	78%	83%	62%	73%	67%	S	Qint Qext Flow

*Ilustración 81 Score Card del CIM (Cuadro Integral de la Mejora) del área de materiales.*

Analizando la Ilustración anterior, se puede encontrar los focos rojos que atentan contra las condiciones de seguridad, y, por lo tanto, contra la salud de los técnicos del área de materiales. Las estaciones de surtido nos hablan de las condiciones en las que los técnicos surten su material

y las cargas de trabajo hablan del análisis hecho con herramientas ergonómicas de Ford conocidas como Ergo Tools.

Realicé un proyecto en el cual propuse un nuevo diseño del mercado Card con nueva distribución del material; El objetivo principal fue asegurar los estándares de seguridad, mejorar las condiciones de trabajo, y, por lo tanto, mejorar la salud de los técnicos del área, mejorando las condiciones ergonómicas. A parte de lo anterior, se buscó disminuir los desperdicios (tiempo de espera, transporte, movimiento, inventario).

## 5. Metodología

Diseñe el acomodo del mercado Card con perspectiva ergonómico, atacando el métrico de seguridad del Score Card, y empleando un enfoque Lean. No hay que perder de vista un punto crucial dentro del manejo del cambio en la manufactura (parte de los roles de los Process Coach de manufactura): Las decisiones que se toman dentro de las distintas operaciones, perspectivas o áreas deben estar vinculadas entre sí. [2] Por ejemplo, las decisiones acerca de calidad, ensamble y materiales se afectan mutuamente y no se deben tomar independientemente unas de otras. La estrategia (planes a largo plazo) y el análisis táctico (para la toma de decisiones a corto plazo) deben complementarse mutuamente. Por lo tanto, al atacar este problema fue muy importante analizar sistémicamente las posibles implicaciones o posibles modos de falla al diseñar un mercado para mi cliente (Usando la definición de cliente como el dueño del proceso siguiente, como manufactura mi cliente son los técnicos del mercado Card).

Para el enfoque Lean busqué que los técnicos caminaran y manejaran la menor distancia posible, hicieran la menor cantidad de movimientos, evitando realizar transportes innecesarios; para el enfoque ergonómico, analicé el material que cada técnico surtía y lo acomodé por pesos y frecuencia es surtido surten.

### 5.2 Enfoque ergonómico

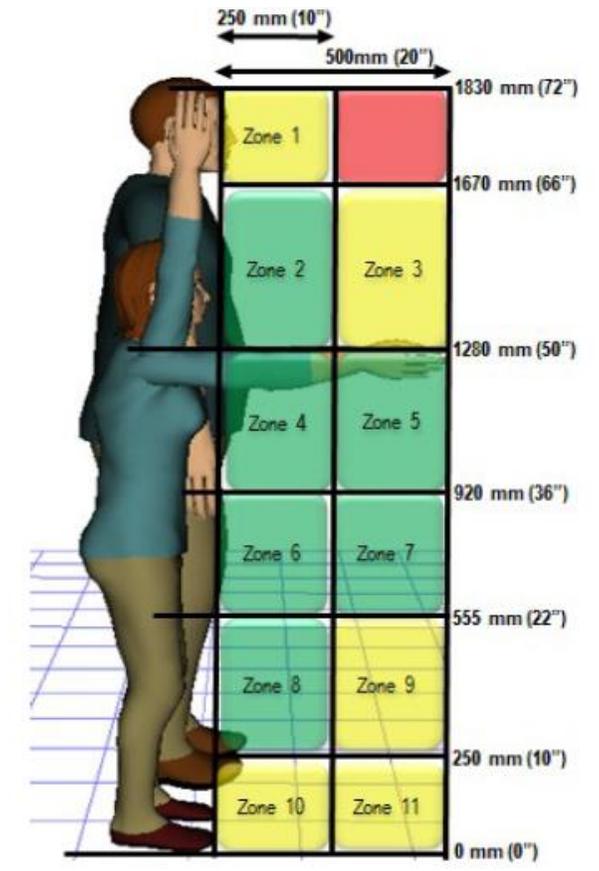
El primer paso fue clasificar el tipo de operación que se realizaba en Cíclica o No Cíclica. De acuerdo con las normas ergonómicas de la planta, una actividad cíclica es la que se repite en un periodo menor de 5 minutos y una actividad no cíclica es la que se repite en un tiempo mayor a 5 minutos. El surtido de material y relleno de estantes son actividades no cíclicas, por lo tanto, tienen un espectro ergonómico mayor permitido. Podemos analizar la división de tareas en la Ilustración 12.



Ilustración 9 Clasificación de las condiciones ergonómicas de trabajos cíclicos y no cíclicos.

Cada tipo de actividad tiene una zona ergonómica, la cual también usa la escala tipo semáforo (verde: OK; amarillo: en proceso; rojo: NOK). En la ilustración 13 podemos analizar las zonas ergonómicas para las actividades no cíclicas, que como se mencionó, son las realizadas en el mercado Card. En esta imagen podemos analizar que nuestra zona verde se encuentra en el rango de 250 hasta 1670 [mm], con una profundidad de 250 [mm]; También en el rango de 555 [mm] a 1280 [mm], con una profundidad de 500 [mm]. Las zonas amarillas se encuentran de 0-250 [mm]

y 1670-1830 [mm], con una profundidad de 250[mm]; 0-555 [mm] y 1280-1670 [mm] con profundidad de 500 [mm]. La zona roja es todo lo que este fuera de los parámetros anteriores.



*Ilustración 10 Zonas ergonómicas para actividades no cíclicas.*

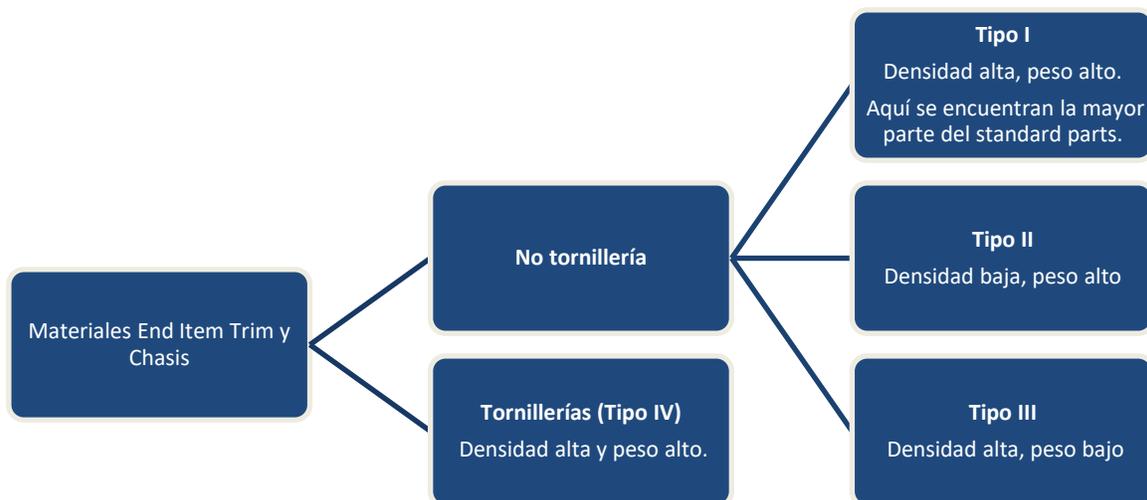
Ya que tenemos definida el tipo de actividad que ejercen los técnicos del área de materiales, es importante mencionar los criterios usualmente empleados para acomodar un material:

- **Frecuencia de uso:** En la producción diaria, hay versiones del producto que se construyen en mayor proporción y están asociadas a un material "A", y versiones que el porcentaje que se produce es menor y están asociadas a un material "B". Se le asigna mayor espacio de mercado al material "A" vs el material "B".
- **Densidad:** Piezas contenidas en un empaque. Los materiales Card tienen densidad de 4 piezas hasta 2000 piezas. El límite de piezas contenidas (densidad) es el peso, se empacan la mayor cantidad de piezas posibles hasta que toca el límite de peso el contenedor. En la ilustración 14 podemos analizar una propuesta de
- **Dimensiones del empaque:** El impacto de la dimensión de un empaque de material Card al designarle un lugar en la estantería se puede analizar con el siguiente ejemplo, si el material tiene dimensiones pequeñas y densidad alta, ocupara poco espacio, pero si tiene dimensiones grandes y baja densidad, abarcará mucho espacio, por lo tanto, no vale la pena ser despaletizado de su pallet (Despaletizar es la acción de tomar las cajas de

material y ponerlas en estantería: un pallet es un conjunto de cajas de material del mismo tipo acomodados sobre una tarima y se encuentran emplayadas juntas. Recordemos que el material Card tiene limitadas las dimensiones posibles, si es muy grande está contenido en el mercado Call.

- **Usos por unidad:** Cantidad de piezas se usan en toda la línea de producción por producto producido; esto impacta en la cantidad de material requerido al día y, por ende, en la frecuencia de uso.

En este proyecto se analizó un aspecto clave para mejorar la ergonomía de los técnicos: el peso. En el diseño que realicé, le di prioridad al peso ya que es el que es un factor que contribuye a la fatiga muscular. Par el peso, lo que hice fue designar a los materiales con mayor peso dentro de las zonas verdes de la Ilustración 13, mientras que el material con menor peso en las zonas amarillas. El peso del material Card varía entre los 0.2 [kg] hasta los 13[kg], recordemos el estándar. Aun así, podemos clasificar estos materiales en subgrupos, como los mostrados en la Ilustración 14.



*Ilustración 14 Sub-Clasificación Materiales End Item Trim y Chasis.*

Para el análisis de los tipos de peso se emplearon herramientas de Six Sigma, graficando las distribuciones de todos los materiales y por tipo de material.

Dentro esta clasificación de materiales se encuentran los materiales conocidos como standard parts, son materiales que se surten en más de una estación de la línea, por lo tanto, más de un técnico lo requiere.

## 5.2 Estantería de 4 niveles

Cada estante del mercado Card consta de tres niveles, uno nivel al piso y otros dos donde se despaletiza material, los tres niveles están dentro de la zona verde. Para este proyecto, implemente estantes de 4 niveles para standard parts, esto quiere decir que los números de parte

que son empleados por más de una ruta quedaron contenidos en localizaciones específicas del mercado. Esto brinda la ventaja de contener en un solo estante, la mayor cantidad de materiales posibles y al brindarles posiciones estratégicas a estos estantes dentro del mercado, los técnicos que tienen que pasar por el mismo material, solo pasaran por ciertos estantes en específico. Lo anterior ayuda a disminuir desperdicios de transporte. Estos estantes quedaron en el pasillo G estantes G1-G7, E8 y E7. El pasillo G lo utilizan todas las rutas como salida, por lo tanto, estaba dentro del recorrido que necesariamente realizarían.

## 5. Resultados Obtenidos

Al analizar las posibles causas que provocan un riesgo en la integridad física de los técnicos, se llegó a la siguiente ecuación. La siguiente expresión matemática nos habla de las condiciones ergonómicas de los técnicos y las Xs son: Antropometría, Peso del empaque, Frecuencia de uso y la altura de los racks.

$$Y = x^1: \text{Anthropometry} + x^2: \text{Packaging weight} + x^3: \text{Frequency} + x^4: \text{Static rack height}$$

*Ilustración 1511 Ecuación que describe el impacto ergonómico del área donde, Y es mi variable dependiente de 4 Xs, las cuales representan las variables independientes.*

### 5.1 X<sup>1</sup> Antropometría

La X<sup>1</sup>, antropometría, describe las medidas anatómicas de la población (técnicos del área de materiales). La altura del rack o estantería se refiere a la altura más alta y baja de las cuales los técnicos toman material.

Si analizamos las gráficas de abajo, podemos observar la media poblacional de la zona ergonómica 2 (Z2) y la media poblacional de la zona ergonómica 8 (Z8). La zona ergonómica 2 (Z2) y la zona ergonómica 8 (Z8) no está dentro de la zona verde del diagrama ergonómico para actividades no cíclicas, por lo tanto, no se encuentra dentro de una zona segura ergonómicamente hablando.



*Ilustración 1612 Media poblacional de la Zona Ergonómica 2 (Z2=204.52). Media poblacional de la Zona Ergonómica 8 (Z8=23.34)*

Al analizar la antropometría de los incidentes que hubo en el área, Ilustración 17, los datos de los accidentes ocurridos están dentro de la zona verde (Z2 y Z8). Por lo tanto, este factor no es determinante para prevenir los accidentes del área, podemos concluir que los FTOVs no están asociados con la antropometría de un sector específico de la población.

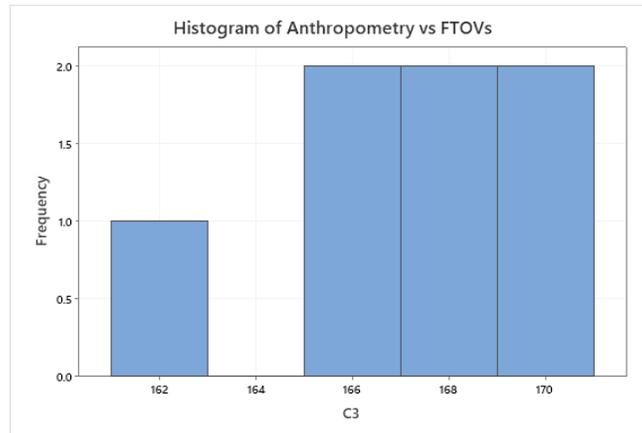


Ilustración 17 Los FTOVs ocurridos no entran fuera de la zona verde ergonómica.

## 5.2 X<sup>2</sup> Peso del material

El peso del material se analizó de la mano de la altura del rack. Esto lo podemos analizar en el punto 5.4.

## 5.3 X<sup>3</sup> Frecuencia de surtido

La frecuencia de uso es una variable que depende de la densidad de los materiales (piezas por empaque). La frecuencia es característica de principal de las actividades cíclicas y se están analizando actividades no cíclicas; por lo tanto, se descarta este factor.

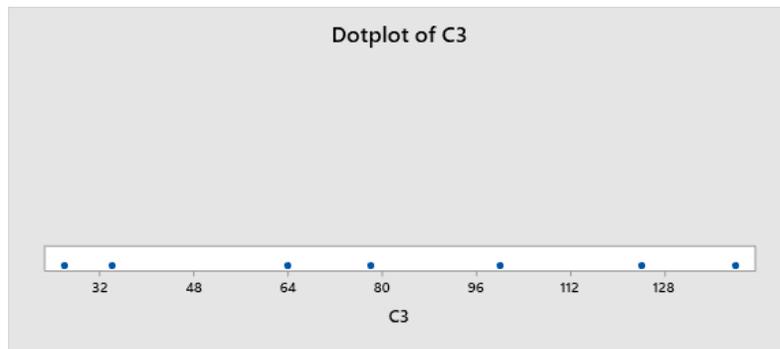
## 5.4 X<sup>4</sup> Altura del rack (Estantería)

Se analizó la compresión en la espalda baja analizando el peso y la altura del rack. El peso del material tiene un límite estándar de 13.6078 kg (30 lb). En la siguiente tabla podemos analizar el peso límite máximo del material dependiendo la altura del rack. Se puede observar en la columna llamada "X4-Static Racks" las diferentes alturas de los racks o estantes en el mercado Card, en las siguientes dos columnas se encuentra el peso límite recomendado en kilogramos y libras.

	X4-Static Racks 1	NAIO SH	
		Recommended weight limit (kg)	Recommended weight limit (lb)
1	25	10.027	22.11
2	33	10.409	22.95
3	63	12.63	27.85
4	78	13.368	29.48
5	100	12.465	27.49
6	124	11.036	24.33
7	139	10.011	22.07

Ilustración 18 Relación de la altura del rack propuestas vs El peso máximo límite.

En la gráfica de abajo podemos observar la altura de los racks del mercado Card rediseñado, todas las alturas se encuentran dentro de las zonas ergonómicas para actividades no cíclicas (Z2=25 cm a Z8=167.0 cm). Esto significa que las alturas de los racks no penalizarán las actividades del mercado.



*Ilustración 1913 Las alturas de los racks se encuentran entre la Z2=25cm y Z8=167cm del estándar*

Cabe recordar que peso del material tiene un límite estándar de 13.6078 kg (30 lb), y se analizó anteriormente que el límite máximo de peso obtenido en la medición está por debajo del estándar máximo de peso (13.6078 kg - 30 lb). Entonces, el peso del material en las alturas de los racks analizadas no afecta la compresión de espalda baja.

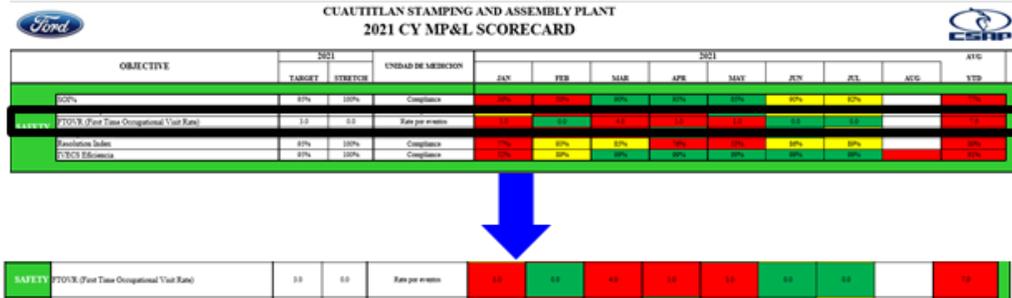
A partir de lo anterior podemos generar las siguientes conclusiones:

- X<sup>1</sup> Antropometría: Los FTOVs presentados en el área ocurrieron dentro de la zona verde o ergonómica.
- X<sup>2</sup> Frecuencia de Surtido: Como es una actividad no cíclica, no penaliza.
- X<sup>2</sup> Peso del material: A mayor peso, la compresión en espalda aumenta; por lo tanto, la condición ergonómica es más insegura.
- X<sup>4</sup> Altura del rack: A menor altura, la compresión en espalda aumenta; por lo tanto, la condición ergonómica es más insegura.

A partir de las conclusiones anteriores, se planeo el reacomodo de la estantería. En este cambio se mejoró las condiciones ergonómicas del área de materiales, y de seguridad y, por lo tanto, el bienestar y la salud de los trabajadores del área gracias a la mejora en las condiciones de trabajo. Estos resultados se ven reflejadas la disminución de incidencia de accidentes (FTOVs) mostrado en el Score Card del área.

En la Ilustración 20, podemos analizar la disminución de accidentes (FTOVs) en el área de materiales. En la primera sección se puede apreciar que durante los 6 meses previos al reacomodo se tuvieron 7 FTOVs; En la sección de debajo de la ilustración, podemos observar que en los 6 meses posteriores al cambio no se presentaron FTOVs. Esto demuestra una mejora en el métrico de seguridad del área de materiales.

## Antes de Diseño Ergonómico



## Después de Diseño Ergonómico

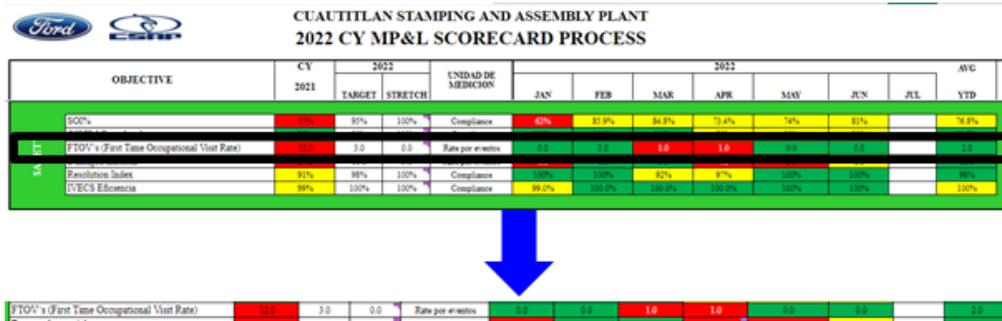


Ilustración 14 Antes y después del Score Card del área de materiales. Antes del diseño ergonómico se tuvieron 6 FTOVs, después del Diseño ergonómico del mercado Card no se tuvieron incidentes en el área.

## 6. Conclusiones

En este proyecto se logró implementar en procesos de producción, las herramientas de la metodología Lean Manufacturing, empleando en enfoque ergonómico. Diseñe y reacomode la distribución de los materiales del mercado Card de materiales, con enfoque ergonómico logrando disminuir la fatiga muscular y compresión en espalda baja de los trabajadores del área y por lo tanto, el número de incidentes de seguridad de la misma; obteniendo una mejora en los tiempos de surtido, se eliminaron desperdicios y se obtuvo un proceso más eficiente. Logre apoyar en la mejora del métrico de Seguridad del Score Card del CIM (Cuadro de la Mejora) del área de MP&L (Material Planning and Logistics), disminuyendo la cantidad de FTOVs en el Mercado Card de materiales, mediante un correcto acomodo de los materiales Card en la estantería con un enfoque ergonómico.

El principal enfoque fue mejorar métrico de Seguridad, que se ve reflejado en el Score Card del CIM (Cuadro de la Mejora) del área de MP&L, y así mejorar el bienestar de la población de materiales. Lo anterior fue posible planteándose el objetivo de disminuir el número de FTOVs del área y así impactar directamente a la salud de los técnicos del área. Esto se logró gracias al análisis de las Xs que están asociadas a las condiciones ergonómicas Y, para esto me enfoque en la ergonomía de los movimientos.

Se realizo un reacomodo de mercado enfocándonos en el peso y altura a la que se colocaban los materiales; esto disminuyo la exposición de los operarios a la compresión de espalda baja. El mismo reacomodo de material se aprovechó para eliminar los transportes, los movimientos innecesarios y distribuir los materiales más pesados y de mayor uso en las dentro de la zona verde para actividades no cíclicas. Logre disminuir los cuellos de botella, disminuir el tiempo de surtido, eliminar desperdicios (movimiento y transporte) y eliminar un excesivo esfuerzo físico de los trabajadores, evitando posturas incómodas y, por ende, movimientos poco ergonómicos.

A lo largo de este escrito se ha visto que recae una gran responsabilidad sobre los análisis ergonómicos en los procesos de Manufactura, debido a que su adecuada realización impacta en que se cuente con los estándares de seguridad y ergonomía para evitar lesiones en los trabajadores.

Durante el desarrollo de este proyecto, en una planta (manufactura) experimenté la implementación de los conocimientos aprendidos durante mi ingeniería, donde aprendí cómo funciona una línea de producción, la estandarización de procesos para disminuir tiempos ciclo de los técnicos en las estaciones de una línea de producción y con esto poder lograr eficiente las estaciones de trabajo aumentando su productividad, y por consecuencia, la producción diaria. Realice el diseño de la estantería Card disminuyendo los incidentes de seguridad y por consiguiente, mejorando el bienestar de los empleados del área, gracias a un enfoque ergonómico.

## Referencias

- [1] Ford Motor Company, «Ford,» [En línea]. Available: <https://www.ford.es/acerca-de-ford/historia>.
- [2] R. Carro Paz y D. Gonzalez Gomez, El Sistema de Producción y Operaciones, Universidad Nacional del Mar del Plara.
- [3] Ford Motor Company, «Ford: Llega más lejos,» [En línea]. Available: <https://www.dimasaford.com/historia-ford/>.
- [4] Lean Production, «FPS, el sistema de producción de Ford Motor co.,» 16 abril 2015. [En línea]. Available: <http://www.leanproduction.co/articulos-lean-manufacturing/empresa-lean-production/fps-el-sistema-de-produccion-de-ford-motor-co.html>.
- [5] J. P. Womack, D. Roos y D. T., The Machine That Changed the World/Lean Thinking, 1996.
- [6] H. J. Harrington, Mejoramiento de los Procesos de la Empresa., Colombia: Mc Graw Hill, 1994.
- [7] R. Solís y C. E. Madriz, «Aplicación de Ergo – Lean Manufacturing en el análisis del valor,» *Tecnología en Marcha*, vol. 22, nº 1, pp. 24-28, 2009.
- [8] W. S. S. Leite, «Biomecánica aplicada al deporte: contribuciones, perspectivas y desafíos,» *Lecturas: Educación Física y Deportes, Revista Digital.*, vol. 170, 07 2012.
- [9] A. Amadio y M. Duarte, «Fundamentos biomecánicos para análise do movimento,» *Laboratório de Biomecânica da USP.*, 1996.
- [10] X. Aguado Jódar, «Eficacia y técnica deportiva: análisis del movimiento humano,» *Inde Publicações*, 1993.
- [11] A. d. C. Graziano, «Biomecânica: fundamentos e aplicações na Educação Física Escolar,» *EDUCA*, 2008.
- [12] Texas Department of Insurance, «La Ergonomía para la Industria en General». *Pograma de Trabajo*.
- [13] C. B. C. B. M. y H. F. Gómez, «The mechanisms involved in acute fatigue,» *Rev.int.med.cienc.act.fís.deporte*, vol. 10, nº 40, p. 537, 2010.
- [14] J. E. Moreno Quinchanequa, «La fatiga, tipos y efectos,» *Revista digital: Actividad Física y Deporte.*, vol. 3, nº 2, pp. 87-95, 2017.

- [15] Z. Rad'ak, «Skeletal muscle, function, and muscle fiber type,» *The Physiology of Physical Training*, pp. 15-31, 2018.
- [16] E. O. L. Luis Martinez Liévano, «guia de procedimientos,» 2013. [En línea]. Available: jbgkugu.
- [17] G. Tortora, Sistema muscular, Madrid, Españ: Harcourt brac, 1999.
- [18] C. L. Iberoamericana, Anatomía y Fisiología del Cuerpo Humano., Buenos Aires: Grupo Clasa, 2000.
- [19] West, Bases Fisiológicas de la Práctica Médica, Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana , 1986.
- [20] M. L., Anatomía con Orientación Clínica, Barcelona: Wolters Kluwer, 2013.
- [21] J. Gómez, Medición de ternesa de carne vacuna usando espectroscopia dieléctrica, Tucuman, 2016.
- [22] J. E. G. a. H. Hall, Textbook of Medical Physiology, vol. 13th, Elsevier, 2006.
- [23] M. Lima, Mechanomyography: development of a device for muscle fatigue monitoring, Argentina: Research Gate, 2021.
- [24] C. B. S. G. C. Mantilla, «Mechanisms underlying motor unit plasticity in the respiratory system,» *Journal of Applied Physiology*, vol. 94, pp. 1230-1241, 2003.
- [25] P. N. B. M. Merino Pérez, Fisiología del Músculo, Universidad de Cantabria, 2018.