

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial



Análisis y optimización del sistema de producción de una línea de ensamble de bicicletas de la empresa Black Bull Bikes

Trabajo de graduación presentado por

Jennifer Marie Boehm Durando

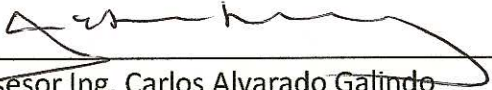
para optar al grado de

Licenciada en Ingeniería Industrial

Guatemala


2010

Vo. Bo.:

(f) 
Asesor Ing. Carlos Alvarado Galindo

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Carlos Alvarado Galindo

(f) 
Ing. Axel Fuentes

(f) 
Inga Vivian Sigüenza

Fecha de aprobación: Guatemala, 13 de enero de 2010

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE TABLAS	vii
RESUMEN EJECUTIVO	viii
Capítulos	
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
A. Descripción general	2
A. Descripción general	2
III. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA BLACK BULL BIKES	3
A. Descripción general	3
B. Situación actual de la empresa	3
C. Perspectivas futuras	6
D. Diagnóstico inicial	7
IV. ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE ENSAMBLE	10
A. Diagrama de operaciones DOP	11
B. Diagramas de recorrido	12
1. DR de transportes iniciales	13
2. DR de operaciones	14
C. Análisis crítico	15
D. Estudio de movimientos	15
E. Estudio de tiempos	18
F. Diseño del lugar de trabajo	21
1. Ergonomía	21
2. Condiciones del lugar de trabajo	22
3. Herramientas y equipo	23

V.	MEJORAS DEL SISTEMA ACTUAL DE ENSAMBLE	26
VI.	EVALUACIÓN DEL MERCADO ACTUAL Y ANÁLISIS DE LA DEMANDA POTENCIAL	30
VII.	PRODUCCIÓN MECANIZADA	38
	A. Escenario analizado	38
	B. Descripción del sistema propuesto	38
	C. Equipo y maquinaria	39
	D. Capacidad de producción	42
	E. Presupuesto de la planta de producción propuesta	43
	F. FODA del sistema propuesto de producción	45
VIII.	ANÁLISIS FINANCIERO Y DE SENSIBILIDAD	46
IX.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	56
	A. CONCLUSIONES	56
	B. RECOMENDACIONES A CORTO PLAZO	57
	C. RECOMENDACIONES A LARGO PLAZO	58
X.	BIBLIOGRAFÍA	59
XI.	GLOSARIO	60
XII.	APÉNDICE	61
	A. DOP detallado	62
	B. Análisis crítico	67
	C. Diagramas bimanuales	82
	D. Tiempos estándar	94
	E. DOP mejorado	97
	F. Diagrama de recorrido mejorado	102
	G. Planos de la planta propuesta	103
	H. Vistas 3D de la planta propuesta	106
	I. Fotos del lugar de trabajo	108
	J. Cotizaciones	109
	K. Análisis de sensibilidad TIR	118

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Logo actual de Black Bull Bikes	3
Figura 2. Organigrama actual de Black Bull Bikes	4
Figura 3. Comparación de planos de la planta anterior (91 m ²) vs. la planta actual (308 m ²)	5
Figura 4. Figura 1. Diagrama de Pareto de ventas en Q.	6
Figura 5. FODA actual de Black Bull Bikes	7
Figura 6. Diagrama de Pescado para determinar las causas de las horas extras	8
Figura 7. Partes de la Bicicleta Montañesa	10
Figura 8. DOP resumido	12
Figura 9. Diagrama de recorrido de transportes	13
Figura 10. Diagrama de recorrido de operaciones	14
Figura 11. Ejemplo de análisis crítico	16
Figura 12. Ejemplo de diagrama bimanual	17
Figura 13. Comportamiento del mercado centroamericano de importaciones de bicicletas	32
Figura 14. Comparación de regresión polinomial vs. regresión linear	33
Figura 15. Participación del mercado guatemalteco de bicicletas, según importaciones	35
Figura 16. Presupuesto de la planta mecanizada	44
Figura 17. FODA del nuevo sistema de producción	45
Figura 18. Gráfica de análisis de sensibilidad	54

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Simbología del DOP	11
Tabla 2. Tiempos predeterminados	20
Tabla 3. Lista de verificación de implementación de mejoras	27
Tabla 4.1. Ahorros unitarios al implementar mejoras	27
Tabla 4.2 Costos de las mejoras	28
Tabla 4.3. Ahorro porcentual por mejoras	28
Tabla 4.4. Análisis de rentabilidad de las Mejoras	29
Tabla 5. Comparación de DOPs	29
Tabla 6. Importaciones totales de bicicletas por país	31
Tabla 7. Crecimiento anual y participación de mercado, Guatemala	36
Tabla 8. Crecimiento anual y participación de mercado, Centroamérica	37
Tabla 9. Producción actual vs. nuevo sistema	43
Tabla 10. Estado de resultados comparativo	48
Tabla 11. Estado de resultados escenario base	49
Tabla 12. Balance general escenario base	50
Tabla 13. Flujo de efectivo escenario base	51
Tabla 14. Análisis VPN y TIR, escenario base	51
Tabla 15. Análisis de sensibilidad entre el -50% y 50% de variación de los factores	53
Tabla 16. Utilidad de los escenarios planteados	53

RESUMEN EJECUTIVO

La empresa de bicicletas Black Bull Bikes, en el mercado desde hace 5 años y con un 6% de participación de mercado en Guatemala, cuenta con una planta de ensamble en la cual se encontraron numerosas oportunidades para hacer sus procesos más eficientes. Debido al rápido crecimiento en sus ventas, en un futuro no muy lejano buscarán la automatización para aumentar su productividad. Mientras no se logre la misma, aún se encuentran posibilidades de mejora que aumentarán directa e indirectamente la productividad de la planta.

Durante el análisis realizado, se llegó a conocer las operaciones a profundidad y observar cercanamente a los operarios en el desarrollo de su trabajo. Se procedió a describir las operaciones y a representarlas en diagramas de operaciones, diagramas de recorridos y diagramas bimanuales. Ya establecidas las operaciones y sus secuencias, se tomaron los respectivos tiempos, cronometrados. Para poder comparar dichos tiempos se desarrollaron los tiempos predeterminados, de los cuales se concluyó que el rango de tiempo en el que operaban los trabajadores se encontraba dentro del aceptable. Por último se analizó la ergonomía y el ambiente de trabajo, para identificar potenciales daños y mejoras para evitar los mismos.

Para optimizar el ensamble de las bicicletas, objetivo principal de este estudio, se alcanzó una disminución de 14.39% en el tiempo de ensamble por bicicleta. Sin embargo, no se obtuvo la meta esperada, del 25%. En cambio, con la propuesta de una planta mecanizada, la maquinaria contribuye a una producción del 343% por encima de la actual.

I. INTRODUCCIÓN

La empresa de bicicletas Black Bull Bikes es una empresa que se basa en la estrategia de importación de partes desde China y el ensamble en terreno guatemalteco.

Black Bull Bikes es aún joven, por lo que hasta el momento no ha tenido el suficiente crecimiento como para la implementación de una línea de producción continua. Por el encarecimiento de los insumos y la mano de obra, es conveniente revisar sus métodos de ensamble, para implementar las mejoras necesarias en su producción y de esta manera reducir sus costos y mantener su calidad. Por ello, este estudio se ha enfocado en priorizar áreas para ejecutar los cambios más urgentes, y luego presentar una propuesta para el largo plazo de implementación de una planta mecanizada.

A través de un análisis completo de las operaciones de ensamble, desde la primera tuerca hasta los accesorios, se determinó que el cuello de botella se encontraba en el enllantado. El ensamble se veía entorpecido cuando, por falta de llantas, no se podían bajar de los caballetes las bicicletas armadas. Por esta razón se realizó un análisis de tiempos estándar y tiempos predeterminados del ensamble de llantas.

Debido a que el modelo que mayor rotación tiene es la bicicleta montañesa Cobra, se aplicarán las herramientas a la misma. Pero como el área y equipo de ensamble se puede utilizar indistintamente del tamaño o modelo de bicicleta, las mejoras propuestas son aplicables a todo el proceso y todos los productos.

Este estudio se enfoca en la mejora de los sistemas productivos de Black Bull Bikes. Se espera que sea para la empresa una guía para optimizar su producción, con base a los consejos que se dan, tales como las carretillas para transportar material, la puerta que conecte ambas bodegas, la instalación de ventiladores para mejorar la ventilación, las pistolas neumáticas para apretar los rayos, entre otras. Pero también busca generar la expectativa para tomar en cuenta más adelante el crecimiento fuera de las fronteras guatemaltecas, para expandirse a Centroamérica, y con ello aumentar su mercado. Para dicho escenario se plantea y analiza una planta mecanizada de bicicletas.

II. OBJETIVOS

A. Generales

1. Plantear dos alternativas para mejorar la tasa diaria de ensamble de bicicletas modelo Cobra 24, una mediante la mejora del sistema actual de producción, y otra mediante de un nuevo sistema de producción.

B. Específicos

1. Analizar y determinar el estado actual de ensamble.
2. Aumentar en al menos 25% la producción promedio mensual, mediante la propuesta de mejoras globales al sistema de producción actual, tanto en el ensamble como en el lugar y condiciones de trabajo.
3. Proponer un sistema mejorado de producción, que aumente la eficiencia del ensamble en no menos de 75% y provea flexibilidad para adaptarse a los cambios en la demanda.
4. Analizar la factibilidad del sistema mejorado de producción en un plazo de 5 años.

III. ANTECEDENTES DE LA EMPRESA BLACK BULL BIKES

A. Descripción general

Black Bull Bikes es una empresa que se dedica a la importación, ensamble y venta de bicicletas desde el 2004.

Debido a que la mayoría de personas de Guatemala vive con recursos económicos muy limitados, se ven en la necesidad de sacarle provecho al medio de transporte más popular: la

bicicleta. En ella puede viajar el padre de familia, delante de él su hijo, sobre la parrilla trasera su mujer, y en la parrilla delantera su mochila u otros objetos. De dicha situación pintoresca nació el deseo de ofrecer una bicicleta de buena calidad, por el uso al que sería sometida, y que a la vez su valor económico fuera accesible, para que estas personas pudieran adquirirla.

La estrategia de Black Bull Bikes de importar las partes de China y ensamblar en terreno guatemalteco ha resultado en la mejor combinación para garantizar un precio bajo y a la vez poder respaldar la calidad de su producto. La cadena productiva de la empresa comienza al comprar el producto en China, e importar los contenedores a través del pacífico. Ya en Guatemala, ensambla las bicicletas, las vende a distribuidores y se encarga de entregar el producto en el establecimiento del cliente, independientemente de su ubicación.

B. Situación actual de la empresa

Black Bull Bikes cuenta con un equipo de 17 personas, de las cuales 12 se encuentran en la fábrica (ver Figura 2.Organigrama). Se ensamblan un promedio de 25 bicicletas diarias, dependiendo de su tamaño. Sus ventas anuales varían entre las 6,000 y 9,000 unidades.

Figura 1. Logo actual de Black Bull Bikes

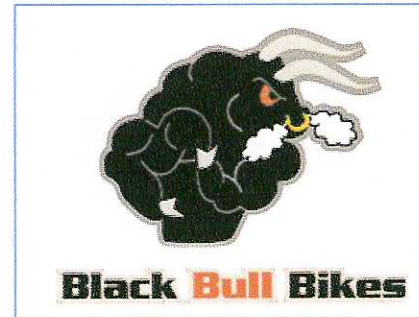
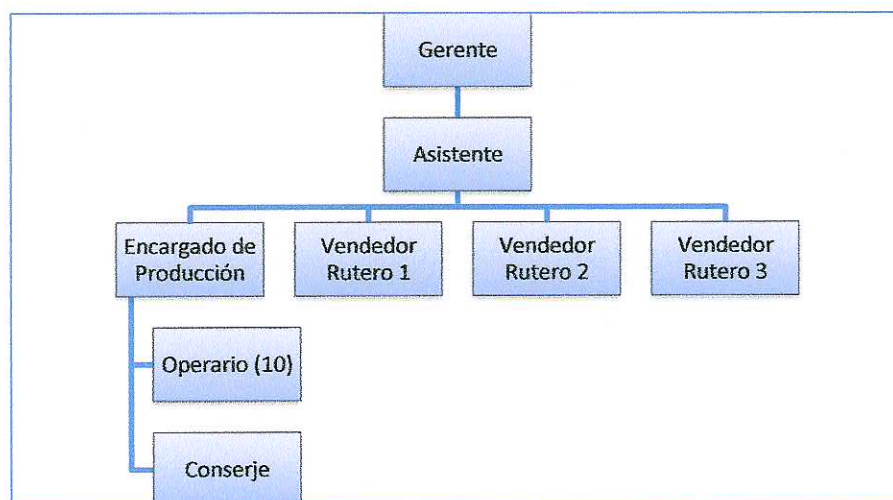


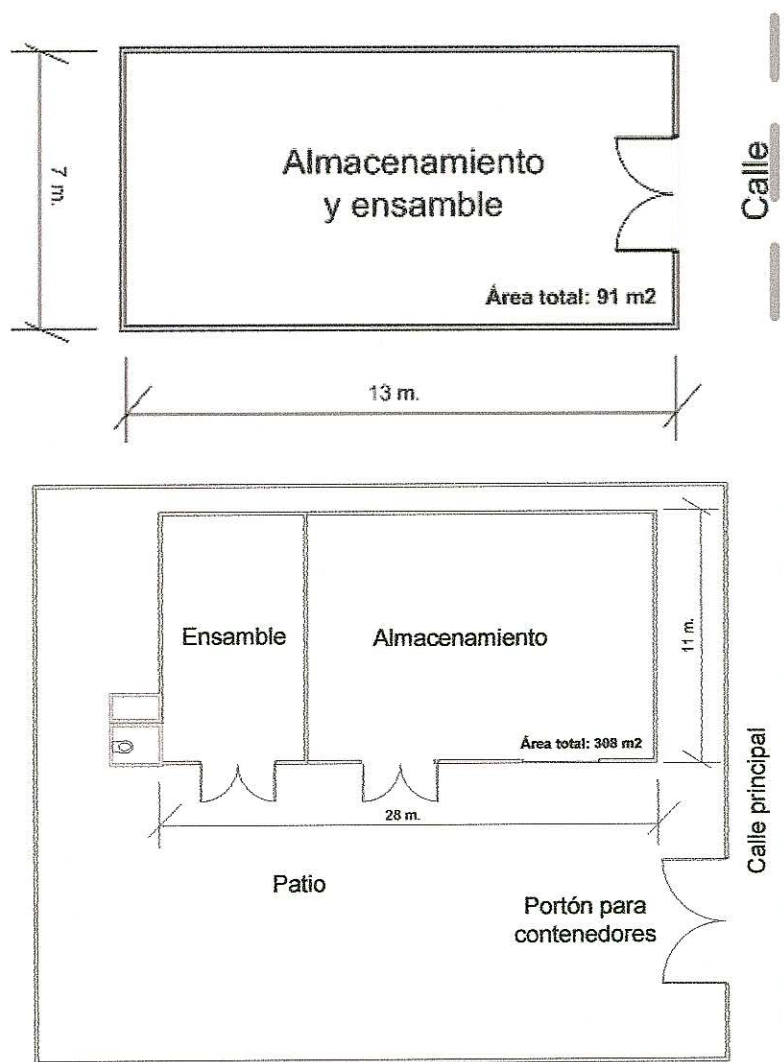
Figura 2. Organigrama actual de Black Bull Bikes



La empresa maneja 12 estilos y cinco tamaños diferentes. Los modelos más vendidos son las bicicletas montañesas y las de suspensión, pero también se venden bicicletas para niños con ruedas estabilizadoras, bicicletas con timón giratorio y de playa (modelo californiano). Las ventas son mayores en el interior del país, ya que se vende a distribuidores, y no directamente al cliente. También porque el mercado objetivo final son las personas de nivel medio-bajo, que estén satisfechas con la calidad que brinda Black Bull Bikes, y el precio aún sea atractivo. En cuanto a la competencia, la empresa líder en venta de bicicletas en Guatemala es Vecesa. Le siguen, según su posicionamiento, Maya Tour, Corsario y Olympic.

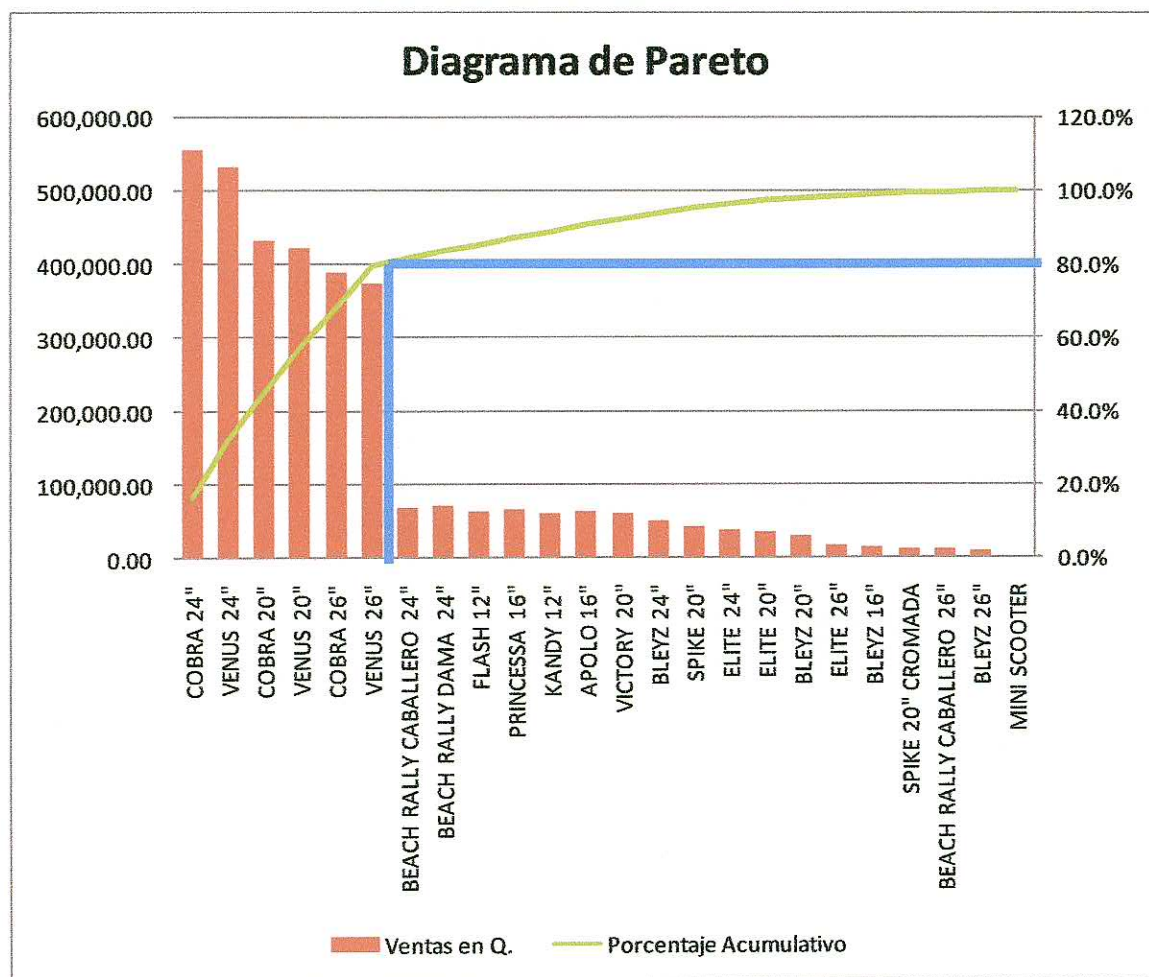
Del 2007 al 2008 la empresa aumentó sus ventas en un 150%, por lo que cambiaron sus instalaciones para aumentar su capacidad, a unas bodegas tres veces más grandes (ver Figura 3).

Figura 3. Comparación de planos de la planta anterior (91 m²) vs. la planta actual (308 m²)



Al realizar un diagrama de Pareto con los montos de las ventas de enero a agosto del 2009 por modelo se determinó que el 79.4% de las ventas, muy cercano al 80%, estaba determinado por sólo 6 modelos de los 24 que ofrece Black Bull Bikes (25 % de los productos). Los 6 modelos pertenecen todos al estilo montañés, ya sea para hombre o para mujer. Con este resultado se tomó la decisión de basar el análisis y aplicar las herramientas a la bicicleta montañesa Cobra # 24, pues es la número uno en ventas, y su diseño no difiere en más de una pieza del diseño de los otros tamaños o del de la Venus, su versión para mujer.

Figura 4. Diagrama de Pareto de ventas en Q.



C. Perspectivas futuras

Black Bull Bikes tiene pasos trascendentales en su plan a largo plazo.

Espera poder aumentar su participación de mercado en el país, hasta posicionarse dentro de las mejores tres empresas de venta de bicicletas. Se estima alcanzar este crecimiento esperado para el 2014.

La empresa pertenece a un conglomerado que cuenta con un sistema de distribución y bodegas en Centroamérica y el Caribe para otros productos. Se planea aprovechar la operación en otros países, que representan un mercado potencial, para expandirse fuera de Guatemala y aumentar las ventas anuales.

D. Diagnóstico Inicial

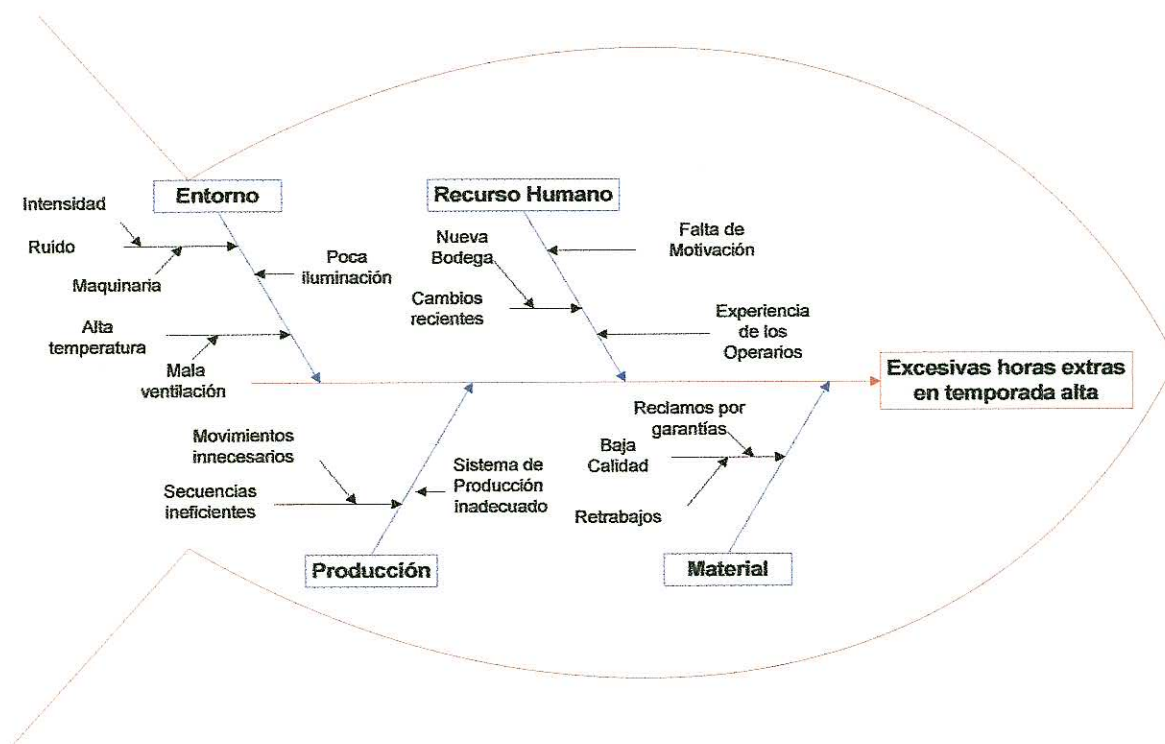
La impresión inicial de la empresa denota su habilidad por el rápido crecimiento obtenido. Ofrece servicios que agradan al cliente, como garantías en accesorios y entrega sin costo en todo el país. Pero a la vez, se puede ver afectada por la guerra de precios de compañías más grandes y por los precios de la materia prima (ver Figura 5. FODA actual de Black Bull Bikes).

Figura 5. FODA actual de Black Bull Bikes



Al analizar la empresa se encontró que debido a las variaciones en las ventas, durante el último trimestre del año los pagos por horas extras aumentaban significativamente. Para analizar las razones principales, se realizó un diagrama de causa-efecto.

Figura 6. Diagrama de Pescado para determinar las causas de las horas extras



Pero las horas extras no son el problema, sino un efecto del mismo. Luego de una lluvia de ideas se agruparon las causas y se graficaron en un diagrama de Ishikawa, conocido como *espina de pescado*. (Evans y Lindsay, 2008: 676)

Entre las razones principales que obstaculizan la optimización del tiempo actual de producción se encontraron 4; recurso humano, material de mala calidad, desorden en producción y el entorno (ver Figura 7. Diagrama de Pescado). En primer lugar, se examinó al **recurso humano**. Se notó una particular falta de motivación, en parte debida a la resistencia del cambio de ubicación de la planta de ensamble durante el 2008. Por otro lado, los operarios en su mayoría sí tenían experiencia en armar las bicicletas. Pero la misma se identificó como un obstáculo al querer realizar cambios. Por último, hay falta de motivación. La carga de trabajo que llevan los operarios se puede catalogar como normal durante el año. Excepto durante el último trimestre, cuando es más fuerte la presión que reciben, tanto del supervisor de producción como de la administración, pues la demanda en épocas navideñas crece significativamente.

La segunda causa identificada fue el **material**. Debido a la crisis actual, el aumento de precios y los problemas mundiales, se ha detectado un detrimento en la calidad de los materiales importados desde China. Con frecuencia se encuentra que se deben introducir movimientos o actividades innecesarias para terminar el producto, o arreglarlo.

En tercer lugar, se encontró que la **producción** no estaba ordenada de una manera óptima. Tanto el espacio físico y la ubicación de los operarios como la secuencia de sus actividades presentaban oportunidades de mejora.

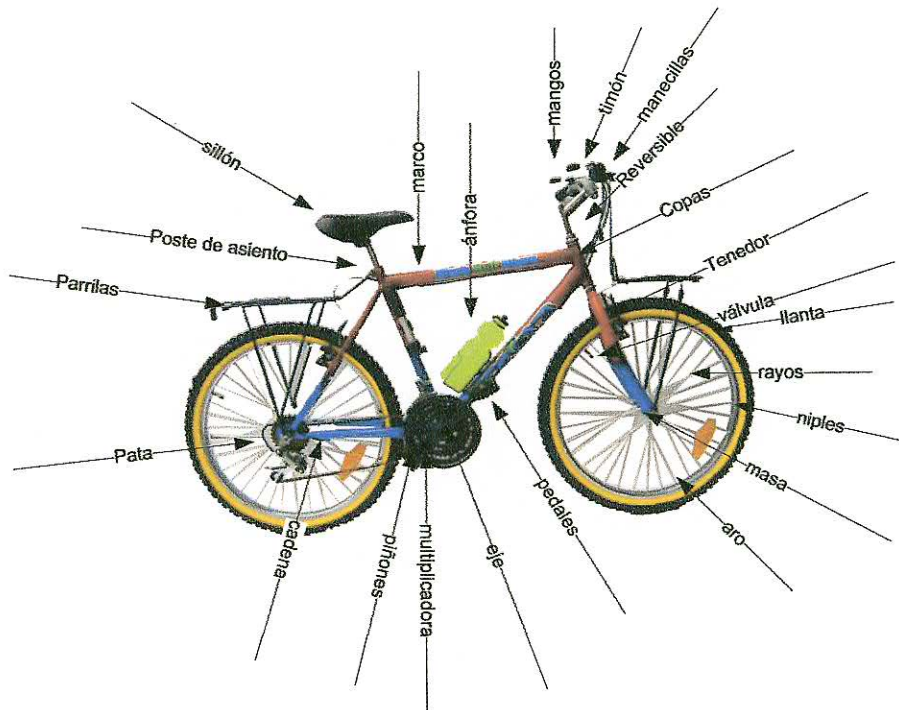
Por último, se evaluó el **entorno** que se tiene en esta nueva ubicación, y se hizo énfasis en la temperatura, ventilación, iluminación y ruido. Dichas condiciones pueden estar afectando el rendimiento de los operarios. Todos estos aspectos se analizarán con más detalle durante el análisis crítico del diagrama de operaciones DOP, para elegir aquellas actividades que se pueden mejorar, modificar, o eliminar. Las condiciones de trabajo se comentan en el apartado de Diseño del Lugar de Trabajo, en el cual también se proponen las respectivas soluciones.

IV. ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE ENSAMBLE

Para determinar la metodología actual del ensamble de las bicicletas son necesarios los diagramas, como el de operaciones, análisis críticos, diagramas de recorrido y bimanuales, que se detallan a continuación.

Las partes principales que componen la bicicleta son:

Figura 7. Partes de la Bicicleta Montañesa









- Mangos
- Timón
- Reversible
- Tenedor
- Copas
- Válvula
- Llantas
- Rayos
- Niples
- Parrilla
- Ánfora
- Mandos
- Masas
- Aros
- Pedales
- Ejes
- Multiplicadoras
- Piñones
- Cadena
- Pata
- Poste de Asiento
- Sillón
- Marco

A. Diagrama de operaciones DOP

En un DOP se muestra la secuencia de las actividades de todo el proceso de manera cronológica. Las actividades pueden clasificarse en 4 principales símbolos, según la definición de la ASME (American Society of Mechanical Engineers).

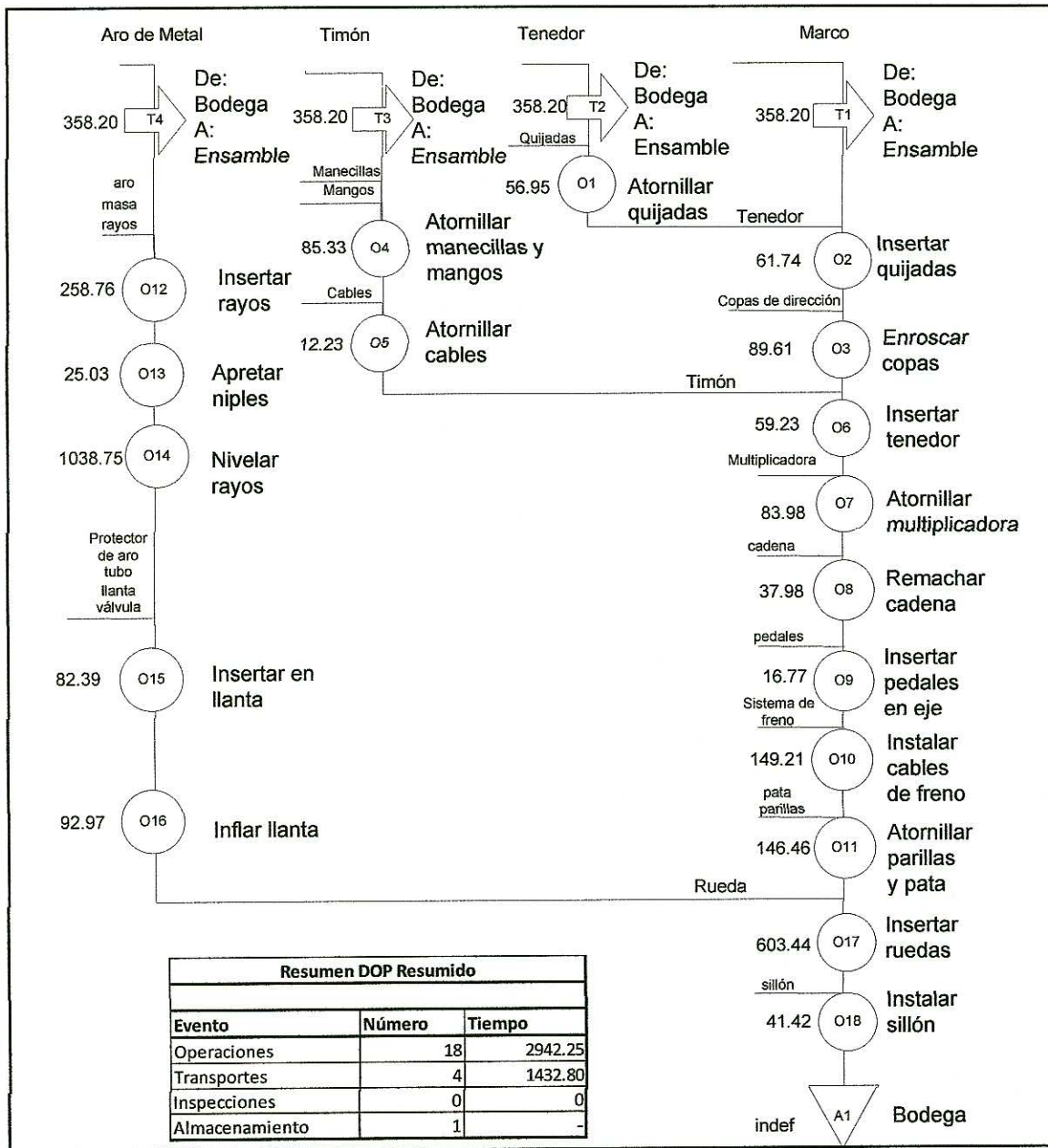
A la derecha de cada paso se incluye una breve descripción, y a la izquierda de la actividad, el tiempo en segundos que toma realizarla (Ver Tabla 1. Simbología del DOP). Al final de DOP se presenta una tabla con el resumen de las actividades y el total de tiempo requerido por actividad. El DOP permite identificar cada paso de un proceso, mostrar la secuencia correcta, determinar la relación entre las partes, y proporcionar el tiempo total de producción. (Niebel y Freivalds, 2004: 34).

Tabla 1. Simbología del DOP

Símbolo	Descripción
	Operación, O
	Transporte, T
	Inspección, I
	Almacenamiento, A
	Ingreso de una pieza
	Salida de un desecho

El DOP realizado en Black Bull Bikes aportó un panorama general del proceso de ensamble que utilizan. Adicionalmente se obtuvo la detección del mayor cuello de botella: el armado de las llantas (ver Figura 8. DOP resumido).

Figura 8. DOP resumido



(Ver en Apéndices, XI. A DOP detallado y XI.B Análisis Crítico)

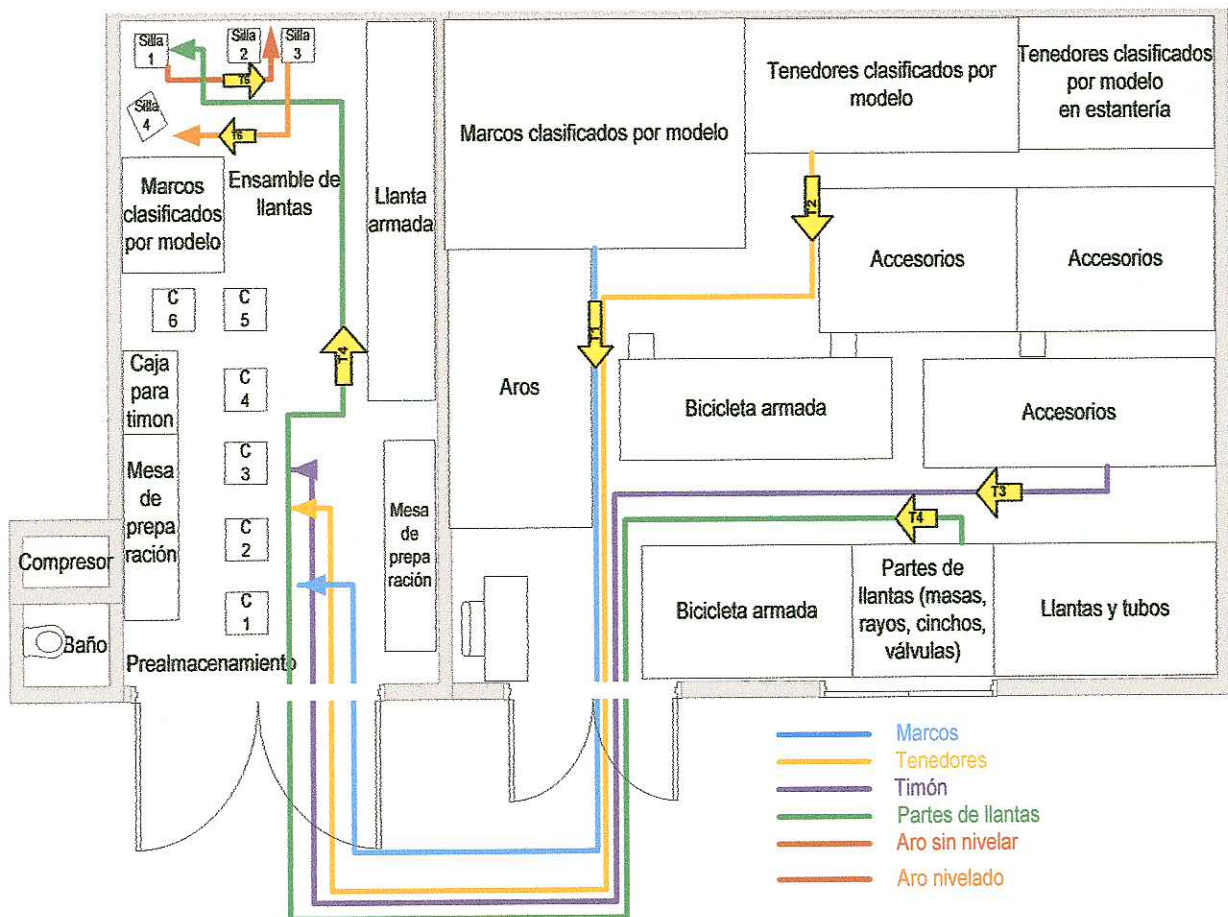
B. Diagrama de recorrido

El DOP determina el orden cronológico de las actividades. Pero para poder visualizar la ubicación en la que cada operación se realiza, es útil trazar un Diagrama de Recorrido. En él se identifican los espacios disponibles y el orden geográfico de las operaciones. (Niebel y Freivalds, 2004: 37)

Con base a los planos de la bodega de almacenaje y la planta de ensamble, se realizó un diagrama que evidencia el transporte físico inicial de los materiales y el lugar en el cual se llevan a cabo las operaciones.

1. DR de transportes iniciales. En el DR de Transportes se analizan únicamente los movimientos del material de un lugar a otro. Se traza para facilitar la eliminación de costos ocultos en el transporte, ya sea por la distancia que recorren, o por la carga que representan, entre otros. Estos aspectos son de gran importancia para mejorar la distribución de la planta. (Niebel y Freivalds, 2004: 39)

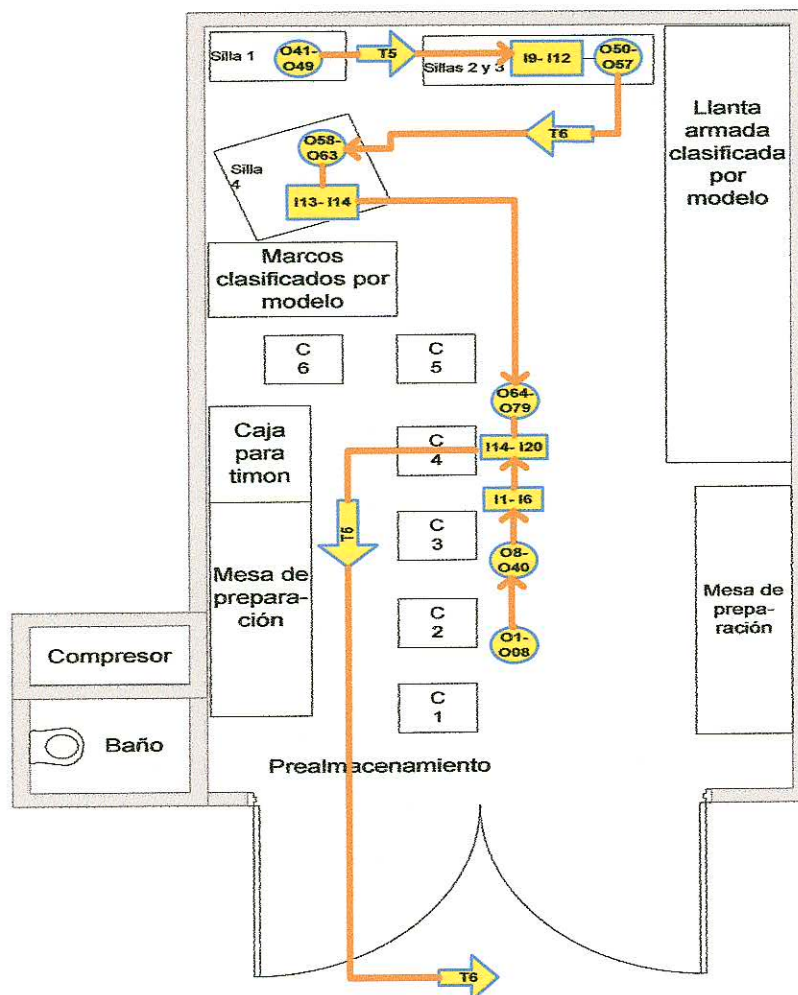
Figura 9. Diagrama de recorrido de transportes



De este primer diagrama de recorrido se puede observar que actualmente se realizan numerosos viajes de la bodega de almacenamiento hacia el ensamble, dado que es el trabajo de un operario específico. Esta situación podría mejorarse con la implementación de una carretilla para transportar material, y una puerta que conectara a ambas bodegas para no tener que salir de una y luego entrar a la otra para transportar el material. De esta manera se ahorra tanto tiempo al disminuir la cantidad de viajes, como esfuerzo del operario, ya que recorrería menores distancias.

2. DR de operaciones. En el DR de Operaciones se toman en cuenta todas las acciones y el orden cronológico establecido en el DOP. Al realizar este diagrama, se analiza si el lugar de realización de la operación es el más adecuado, o no. (Niebel, Freivalds, 2004: 39)

Figura 10. Diagrama de recorrido de operaciones



Entre los hallazgos más importantes se encuentra el orden incorrecto de las sillas 1, 2 y 3 del armado de las llantas. Se podría disminuir el recorrido del material si las sillas estuvieran en línea recta (ver Figuras 9. DR Transportes y 10. DR Operaciones).

C. Análisis crítico

La creación de un DOP es una actividad base, sobre la cual se analiza cada una de las operaciones. Este Análisis Crítico se basa en 5 preguntas claves:

1. ¿Qué?
2. ¿Dónde?
3. ¿Cuándo?
4. ¿Quién?
5. ¿Cómo?

De ellas luego se concluye si la actividad puede ser eliminada, unida con una anterior o posterior, o realizada en otro momento. Todos estos cambios y propuestas buscan determinar el posible ahorro de tiempo y aumentar la producción diaria (ver Figura 11. Ejemplo de Análisis Crítico). En el ensamble de Black Bull Bikes se estimó un ahorro de 14.39 % en el tiempo de armado. (Ver Análisis Critico detallado en XII. Apéndice B. Análisis Crítico)

D. Estudio de movimientos

Los pioneros en el estudio de movimientos del cuerpo humano fueron los esposos Frank Gilbreth y Lilian de Gilbreth. Con estos estudios determinaban cuáles movimientos podían ser eliminados, simplificados o reordenados para optimizar la secuencia de pasos. (Niebel y Freivalds, 2004: 11)

Los diagramas bimanuales tienen como objetivo balancear los movimientos de ambas manos, reducir la fatiga y eliminar movimientos no productivos. También estandarizan las operaciones para facilitar la capacitación de nuevos operarios en el método ideal. (Niebel y Freivalds, 2004: 148)

Figura 11. Ejemplo de Análisis Crítico

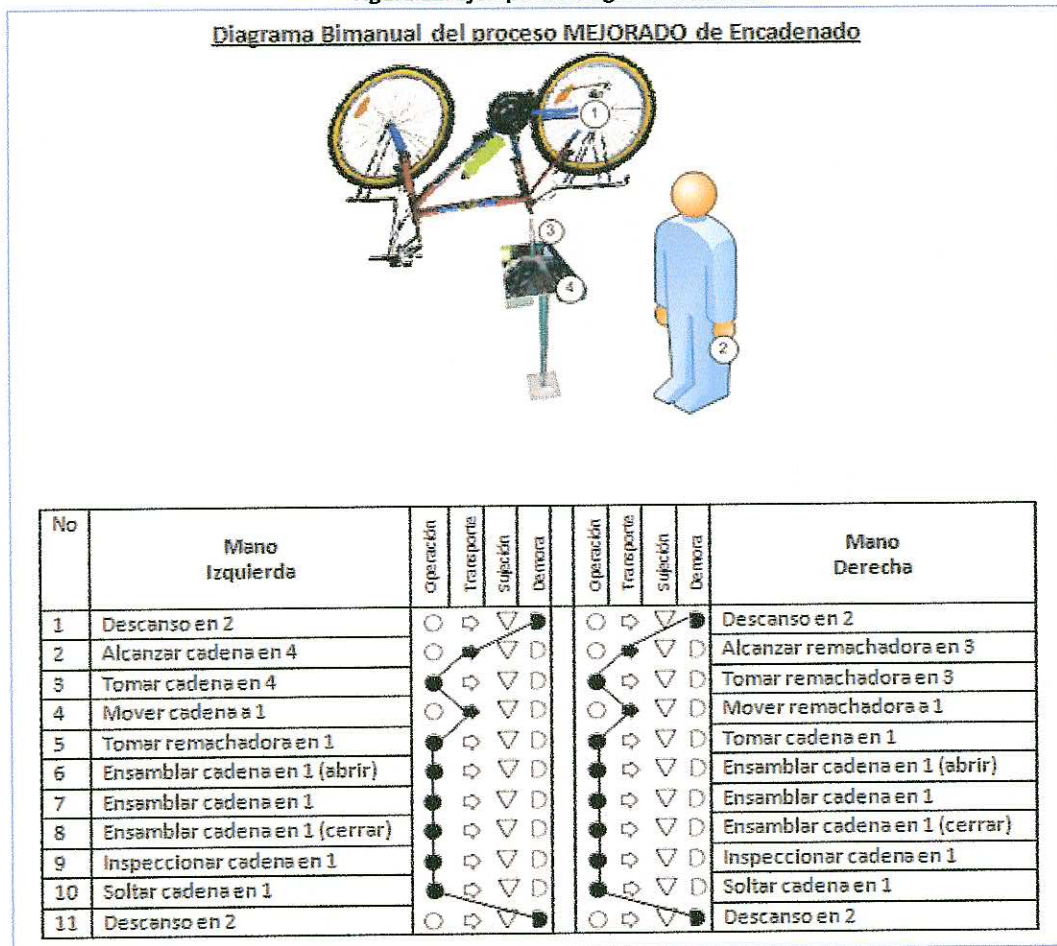
Actividad: Transportes T1, T2, T3 De Bodega a Ensamble			
	Preguntas	Análisis	Mejoras Propuestas
1	Qué?	Se transportan las partes del tenedor, timón y marcos por separado, desde el área de bodega al ensamble.	-
2	Dónde?	Se toman las partes de la bodega y se llevan al ensamble, a través del patio.	Dichas partes, al implementar el uso de una carretilla, pueden ser llevadas directo al ensamble a través de la bodega.
3	Cuándo?	Se realiza antes de comenzar toda operación de ensamble de llantas.	Se pueden llevar todas las partes juntas, en vez de primero las partes de las llantas y luego el resto.
4	Quién?	El operario encargado de preparar material.	-
5	Cómo?	Las partes, por separado, se cargan en una cubeta plástica y el operario debe salir de la bodega e ingresar al área de ensamble, pasando por el lado de afuera.	Se montan las partes en una carretilla para evitar la fatiga del operario y reducir el número de viajes que debe hacer.
Conclusiones y Observaciones:			
Se recomienda la implementación de una carretilla, la cual disminuye la carga del operario y el tiempo de traslado. Adicionalmente se recomienda abrir una puerta que conecte ambas bodegas, para disminuir la distancia recorrida. La misma es tan grande actualmente, no sólo porque el operario debe salir de una bodega y entrar por la otra, sino también porque las puertas abren hacia afuera, aumentando la vuelta fuera de las bodegas que debe recorrer el operario cargando las partes.			
Decisión:		Modificar <input checked="" type="checkbox"/>	Eliminar <input type="checkbox"/>
Duración actual en segundos :		951.48	
Duración al implementar mejora en segundos :		624.48	
Ahorro en tiempo en segundos :		327	

Se aplicaron los diagramas a Black Bull Bikes al estudiar sus actividades y se identificaron notables oportunidades de mejora. Entre ellas, las tres actividades fundamentales en el proceso de armar las llantas para una bicicleta modelo Cobra, tamaño 24; enrayar, nivelar y enllantar. También se incluyó el encadenado, instalación de llantas e instalación de sillón.

En los bimanuales se tiene un diagrama del espacio físico que se utiliza en la operación. Luego una tabla que indica los movimientos que realiza cada una de las manos por separado y simultáneamente. A cada bimanual generado, luego se le realizan modificaciones y eliminaciones para proponer un bimanual ideal, o uno mejor que el actual. Dentro de las propuestas se economiza tanto tiempo como movimientos del operario para evitar fatiga. (Niebel, Freivalds, 2004: 18)

Por ejemplo, se puede comparar en la Figura 12. Ejemplo de Diagrama Bimanual que la cantidad de operaciones que se realizan actualmente en el proceso de encadenado se podrían reducir de 30 a 11 (Ver Apéndice XI C. Diagramas Bimanuales detallados)

Figura 12. Ejemplo de diagrama bimanual



E. Estudio de tiempos

El fin del *estudio de tiempos* es establecer tiempos estándar. El tiempo estándar es la duración normal en la que un operario promedio realiza una operación, a un ritmo normal y constante que pueda mantener durante la jornada entera sin provocar fatiga.

El estudio de tiempos es necesario para definir el día de trabajo justo, en el cual un trabajador reciba un pago adecuado al trabajo que realizó, y la empresa reciba a cambio la cantidad adecuada de trabajo por el pago dado. (Niebel y Freivalds, 2004: 374)

Existen dos maneras de medir los tiempos, mediante tiempos estándar cronometrados y utilizando los tiempos predeterminados teóricos. En los formatos de estudios de tiempos cronometrados se indican todas las descripciones de las piezas y operaciones a estudiar. Se ingresan los tiempos continuos en la columna identificada con T y al restarle los tiempos individuales, se llena la columna L. Todos los tiempos se promedian según la cantidad de observaciones realizadas y la calificación del operario. Si el operario realiza la actividad con mayor rapidez, se califica por encima de 100, si es más lento de lo normal, por debajo de 100. Se obtiene así el tiempo que tardaría un operario promedio en realizar la actividad, el tiempo normal. (Niebel y Freivalds, 2004: 394)

Al tiempo normal deben agregarse suplementos por demoras que son inevitables, basados en estudios prácticos previos. Por suplementos personales, por ejemplo tomar agua e ir al baño, se asigna un 5% del tiempo, por fatiga básica, 4%. Otros suplementos debido a temperaturas altas, postura, cansancio muscular, tedio, o mantenimiento de máquinas y herramientas pueden aumentar dichos porcentajes. Por lo tanto, para este estudio se fijó la cantidad de suplementos del ensamble en 14% (5% de personales, 4% de fatiga, 3% de limpieza, 2% por condiciones de trabajo). Luego de aplicar los suplementos se calcula con base en el tiempo útil disponible, la cantidad de unidades que se podrían producir al día, y con este dato la empresa puede calcular, según la paga del trabajador al día, el costo en mano de obra por unidad. Se calcula el tiempo estándar según la fórmula

$$TE = TN + TN \times \text{Suplementos} \quad \text{siendo TE= Tiempo Estándar y TN= Tiempo Normal}$$

(Niebel y Freivalds, 2004: 395)

Otro método para calcular el estudio de tiempos es el de tiempo predeterminados. El método de medición de tiempo (MTM Methods for Time Measurement) de los tiempos predeterminados se utiliza para predecir o aproximar los tiempos estándar. En el tiempo predeterminado se analiza la operación, y se le asigna, según el movimiento básico que se emplea, un tiempo predeterminado establecido según la naturaleza y las condiciones bajo las cuales se realiza. Muestran una ventaja en cuanto a su facilidad de uso y rapidez de obtención, por encima de la cronometración. Pero la desventaja se presenta en los casos en que, para alcanzar dicha simplicidad, se sacrifica exactitud. (Niebel y Freivalds, 2004: 485)

El MTM de tiempos predeterminados más objetivo es el MODAPTS (Modular Arrangement of Predetermined Time Standards).

Este sistema se basa en los movimientos básicos que realiza el operario; los therbligs. Dichos movimientos básicos se clasifican según su naturaleza bajo un código y se le asigna una longitud de tiempo, determinada MOD (cada MOD equivale al inverso de 7.75 segundos, o 0.129). (Erwin, 1991)

El analista puede entonces determinar, según los movimientos que la operación requiere, cuánto debe tardar teóricamente el operario para realizar la tarea determinada. Los tiempos predeterminados se pueden luego comparar con los tiempos estándar obtenidos por medio de la cronometración y calificación de operarios.

El parámetro que se establecerá para determinar si una actividad está tomando el tiempo justo para realizarse será un margen del 10% en la diferencia entre el tiempo estándar cronometrado y el determinado en forma teórica por medio de MODAPTS. No se aceptarán actividades que superen el tiempo teórico en más de 10%, pues representan una pérdida de tiempo. Tampoco se aceptarán actividades cronometradas que se encuentren debajo del tiempo teórico en más de 10% pues implica que el operario se está dando demasiada prisa y puede comprometer la calidad del producto.

Tabla 2. Tiempos Predeterminados

Operación: Enrayado de aro				
No.	Descripción	MODAPTS	MODS	Seg.
1	Tomar y posicionar aro	M7G3M7P2	19	147.25
2	Tomar masa y rayos	M3G2G2M3	10	77.5
3	Ensamblar rayos en masa	M2G2M2M2P2M1P2	13	100.75
4	Ensamblar rayos en aro	M2G2M2M2P3M1P3	15	116.25
5	Poner nipples	G2M2P3G2M2P3	14	108.5
6	Deshacerse de aro terminado	M2G3M7P1	13	100.75
Totales			84	651
Total minutos				10.85
Tiempo estándar cronometrado				10.46
Diferencia en Porcentaje				3.59%

Operación: Nivelado de aro				
No.	Descripción	MODAPTS	MODS	Seg.
1	Tomar y ensamblar aro en eje	M7G2M7P3M2	21	162.75
2	Apretar rayos con atenaya	M2G2M3	7	54.25
3	Rotar	G2M2G2	6	46.5
5	Deshacerse de aro terminado	M2G3M7P1	14	108.5
Totales			48	372
Total minutos				6.20
Tiempo estándar cronometrado				5.60
Diferencia en Porcentaje				9.68%

Operación: Enllantado de aro				
No.	Descripción	MODAPTS	MODS	Seg.
1	Tomar y preposicionar aro	M4G2M3P1	10	77.5
2	Ensamblar protector, tubo y llanta	G3M3P1M1M2P1	11	85.25
3	Ensamblar válvula	G2M2P1	5	38.75
4	Inflar	M3G2M2P0	7	54.25
Totales			33	255.75
Total minutos				4.26
Tiempo estándar cronometrado				2.31
Diferencia en Porcentaje				45.81%

Según la Tabla 2. Tiempos Predeterminados, ambos métodos de medición de tiempo dieron resultados parecidos. De ello se puede concluir que los estándares de tiempo que se establecieron en la cronometración fueron correctos. Excepto en el caso del enllantado del aro, el tiempo medido entre ambos métodos difiere en 45.81%. Esta operación debe corregirse, pues se necesita de un tiempo más extenso para llevarla a

cabo de lo que actualmente se realiza. El operario debe emplear un mayor tiempo en la inspección de esta actividad, ya que puede que surjan fallas en la calidad, por ejemplo, que queden dobleces o pliegues en la llanta al inflarla, que la válvula tenga fuga, o que el protector quede arrugado.

F. Diseño del lugar de trabajo

Siguiendo las enseñanzas de los esposos Gilbreth sobre el diseño del trabajo manual, se puede dividir el trabajo en tres áreas; Ergonomía, Condiciones del lugar de trabajo y herramientas y equipo.

1. **Ergonomía.** La ergonomía se refiere al estudio del cuerpo humano dentro del ambiente de trabajo. Aunque en la operación de ensamble de las bicicletas no es necesaria una gran cantidad de fuerza, sí lo es en el transporte del material desde la bodega hacia el ensamble. Para mantenerse dentro del rango aceptable de utilizar únicamente el 85% de la capacidad de fuerza, se debe evitar cargar materiales demasiado pesados. No se aconseja el uso de cinturones de espalda para el operario encargado de transportar el material. Se ha comprobado con estudios que efectivamente reducen entre 15% y 30% de las fuerzas de compresión que afectan la espalda baja. Pero en la mayoría de los casos, los operarios abusan entonces de su fuerza y cargan más de lo debido, ocasionando lesiones inclusive más graves. (Niebel y Freivalds, 2004: 135).

Debido a la fatiga por exceso de fuerza, no deben intentarse movimientos precisos o de control finos después del trabajo pesado. Por lo tanto, es correcto que, como actualmente se hace, se determine a un operario específico encargado del material y su transporte, y otros encargados del ensamble que requiere de precisión.

Respecto a la clasificación de movimientos, es recomendable utilizar los grados más bajos. Los movimientos se clasifican desde 1 a 5, dependiendo si se utilizan sólo los dedos (1), las muñecas (2), el antebrazo (3), el brazo (4) o el cuerpo entero (5).

Por ejemplo en el proceso de nivelado se utiliza el cuerpo entero (5) para la inspección de la alineación del aro. Este movimiento se podría reemplazar por uno de

grado 3 en el que el operario no deba sacar el aro del eje, y pueda utilizar sólo el antebrazo para girar el aro e inspeccionarlo con la niveladora insertada en el mismo eje.

Al realizar la operación, se pueden clasificar los elementos en los therbligs, que constan de 17 verbos definidos por los esposos Gilbreth, para estandarizar las operaciones. Dichos therbligs se utilizan en las descripciones de los DOP y Diagramas de Recorrido. De ellos, existen algunos que son efectivos (que aportan a la operación) como: alcanzar, mover, tomar, soltar, pre posicionar, usar, ensamblar y desensamblar. Hay otros que son no efectivos, es decir, que se deben tratar de minimizar y de ser posible, eliminar, como buscar, seleccionar, posicionar, inspeccionar, planear, retrasos, descansos y sostener. (Niebel y Freivalds, 2004: 150)

Las implicaciones directas del cuerpo y su posición se discuten en las siguientes secciones, en las condiciones del lugar de trabajo y las herramientas y equipo.

2. Condiciones del lugar de trabajo. Existen varios principios que deben regir el diseño del lugar de trabajo, como los son la iluminación, el ruido el calor y la ventilación, y la limpieza y el orden (Niebel y Freivalds: 181).

- La iluminación se refiere a la cantidad de luz por área determinada que existe. En el área de ensamble hay buena iluminación, dado que los portones que se mantienen abiertos la mayoría de tiempo, proveen de suficiente luz. Pero media vez dichos portones deban cerrarse, ya sea por fuertes vientos o lluvias, la luz dentro del área es escasa, pues no hay ventanas. Adicionalmente, el color, gris en toda la bodega y el área de ensamble, puede ser una oportunidad de mejora al pintarlo en tonos suaves de amarillo o naranja, para estimular la sensación de bienestar dentro de la misma, y romper la monotonía.
- En cuanto a sonidos no deseados o ruido, en general no se presentan durante el ensamble. Únicamente existe una operación en el armado de la bicicleta, en la cual deben martillar el anillo de dirección en el tenedor, y la misma provoca un sonido fuerte y seco cada vez que se martilla contra la base de metal. Para poder

realizar la operación y disminuir el ruido, se puede poner una esponja densa sobre la base de metal contra la cual se martilla para que absorba el ruido y vibración del golpe, pero no la fuerza. La medición realizada del ruido en esa operación alcanzó los 115 dBA (decibeles), pero dado a que son golpes esporádicos y no ruido constante, no sobrepasa el límite permitido por la OSHA (1970), de 0.25 horas ó 15 minutos. Por lo tanto, la salud del trabajador no se ve gravemente afectada. En cambio, el rendimiento de todos los operarios sí se ve afectado, debido a la distracción que los golpes provocan. (Niebel y Freivalds: 441)

- El calor excesivo provoca una disminución en el ritmo de producción del operario, a partir de que el cuerpo alcance los 37.8 °C. Esta disminución de la productividad también se ve afectada por la temperatura del ambiente, cuando se sale de la zona de comodidad comprendida entre los 18.9 y 27°C. El calor que se sufre en el área de ensamble se debe tanto a la ubicación de la misma, como al techo de lámina y la falta de ventanas. Como medida temporal se instalaron tres ventiladores. Se logró disminuir la temperatura y al mismo tiempo mejorar la ventilación de la bodega, para evitar la fatiga causada por polvo en el ambiente, aire caliente o falta de oxígeno.
- Finalmente, se debe velar por una mejor limpieza y orden del área de ensamble y de la bodega. Dado que el techo no está sellado a las paredes, existe un espacio suficientemente amplio por el cual se introducen grandes cantidades de polvo, dañando tanto a las máquinas y el producto final, como a los operarios. Luego, se deberá limpiar el área de ensamble al menos dos veces al día, pues la limpieza al final de la jornada no es suficiente y durante el ensamble se genera mucha basura que es tirada al suelo.

3. Herramientas y equipo. La característica más importante dentro del diseño del equipo es la altura de la superficie de trabajo. El ensamble en general tiene caballetes fijos, en los cuales el operario trabaja de pie. Pero no se puede ajustar la altura de los caballetes según el operador, de modo que a alguno les quedará muy alto, mientras que

a otros muy bajo. Dicha situación se podría resolver con una palanca niveladora para subir y bajar el caballete. En las tres operaciones de trabajo del enllantado se encontró que la superficie de trabajo estaba por debajo del nivel óptimo. En el enrayado e inflado, el operario debe trabajar encorvado, pues trabaja sobre su regazo, y necesitaría una altura mayor para posicionar correctamente la espalda. La línea de visión óptima es de 15° debajo de la horizontal de los ojos. Pero en estos casos, se encontró que era de 45°, un ángulo bastante incómodo para los ojos, por lo que los operarios bajan ya sea la cabeza o encorvan la espalda. Se recomienda por lo tanto elevar sus superficies de trabajo en un promedio de 10 cm. (Niebel y Freivalds, 2004: 187)

También es importante la postura de los operarios debido a las sillas, en las operaciones con las llantas. Actualmente se trabaja en sillas de madera, la mayoría rectas (a escuadra) que no son cómodas ni ayudan al operario con su postura. Para operarios del enllantado, que realizan su trabajo sentados, es muy importante que las sillas sean cómodas, tanto para cuidar su salud como para estimularlos y aumentar su producción. Se deben adquirir sillas que promuevan la curvatura natural de la espalda hacia adentro, llamada arco lórdico, por medio de un respaldo curvado. La silla no debe tener descansaderos de brazos pues obstruirían los movimientos de los operarios. Para los operarios restantes, es aconsejable proveer tapetes anti fatiga pues todo su trabajo lo realizan de pie. (Niebel y Freivalds, 2004: 188)

Los therbligs relacionados con “alcanzar” y “mover” son directamente proporcionales a la distancia que deben recorrer las manos. Por lo tanto, se aconseja que se definan localizaciones fijas para todas las herramientas y materiales que permitan la mejor secuencia. De esta manera el operario no perderá tiempo buscando en la caja del caballete. También, dado que actualmente se trabaja en caballetes fijos, se debe otorgar un juego de herramientas por caballete, para que los operarios no carguen con la herramienta de caballete en caballete, pues no sería trabajo útil.

Para las herramientas demasiado pesadas se recomienda que se utilicen ganchos colgados del techo, para que los operarios no tengan que levantar la herramienta del suelo o de la mesa de trabajo. (Niebel y Freivalds, 2004: 194)

En el caso específico del nivelado, se recomienda reemplazar la atenaya con una pistola neumática para apretar los rayos. La misma debería ser tipo barreno, para que la muñeca del operador se mantenga siempre derecha, y no deba doblarse o adoptar posiciones incómodas que puedan desarrollar desórdenes por trauma acumulados. Su peso no debe sobrepasar las 5 lb. (Niebel y Freivalds, 2004: 198)

V. MEJORAS DEL SISTEMA ACTUAL DE ENSAMBLE

Mediante los análisis realizados al sistema de ensamble actual de la empresa Black Bull Bikes, como el DOP, DDR, Análisis Críticos, Diagramas Bimanuales, Tiempos Estándar y Tiempos Predeterminados, se determinaron áreas en las que es factible implementar mejoras.

Entre las mejoras se encontraron la construcción de una puerta que conecta las dos bodegas, para disminuir la distancia entre la bodega de almacenamiento y la de ensamble.

También se puede implementar una carretilla para trasladar material de un lugar a otro.

En la operación de ensamble se deben realizar menos inspecciones y posiciones del producto, así como sostener las herramientas, que en su mayoría son pesadas y causan fatiga al operario. Para ello se puede implementar ganchos para colgar las herramientas pesadas. También se pueden instalar palancas para ajustar la altura de los caballetes según el operario, y adquirir sillas cómodas para los operarios que realicen sus actividades sentados. En cuanto a las herramientas, se deben establecer posiciones fijas para evitar la pérdida de tiempo al buscarlas, o el transporte de un lugar a otro.

Para mejorar el lugar de trabajo, sería conveniente abrir ventanas en el área de ensamble, y pintarla de un color vivo, no de gris.

La motivación de los operarios se puede mejorar al incentivarlos con premios por rendimiento, como la adquisición de lockers, comedor, microondas, entre otros.

Durante la realización de este trabajo de graduación se lograron implementar las siguientes mejoras:

Tabla 3. Lista de verificación de implementación de mejoras

No.	Mejoras	Implementación
1	Puerta entre bodegas	☑
2	Desarmador automático	☑
3	Capacitar a operarios para que no realicen movimientos innecesarios	☑
4	Pistola neumática	☑
5	Nueva Posición de sillas para enllantado	☑
6	Instalación de ventiladores	☑
7	Carretilla para transporte de material	✗
8	Elevar superficies de trabajo en enllantado	✗
9	Un juego de herramientas para cada operario	✗
10	Tapetes anti fatiga	✗

Como lo indica la lista de verificación en la Tabla 3., de las mejoras obtenidas del análisis crítico, se logró implementar la mayoría. De la ejecución de las mismas se cronometraron los ahorros que implicaban en tiempo. Las mejoras que no se lograron implementar, se calcularon por simulación los tiempos que ahorrarían (ver Tabla 4.1 Ahorros unitarios al implementar mejoras).

Tabla 4.1. Ahorros unitarios al implementar Mejoras

Ahorros Implementados y medidos	Segundos
ahorro por puerta entre bodegas	65
ahorro por uso de desarmador automático	16.3
ahorro por cada golpe a los mangos	2
ahorro por cada giro al niple	1
tiempo para apretar cada niple con pistola neumática	4
tiempo para trasladar aro de Silla 1 a 2 ó 3, en la nueva posición	6.62
tiempo para trasladar aro de Silla 2 ó 3 a 4, en la nueva posición	8.67
instalación de ventiladores	-
Ahorros cronometrados en simulación	
ahorro por utilizar una carretilla por cada viaje	44
Elevar superficies de trabajo en enllantado	-
Un juego de herramientas para cada operario	-
Tapetes anti fatiga	-
Total segundos ahorrados durante el DOP	661.83

Se obtuvo del departamento de Contabilidad los datos de los gastos que implicaron las mejoras implementadas, y las restantes se cotizaron para estimar su costo, como se presentan en la Tabla 4.2. Costos de las Mejoras.

Tabla 4.2 Costos de las mejoras

Ahorros Implementados y medidos	Costo
ahorro por puerta entre bodegas	Q 200.00
ahorro por uso de desarmador automático	Q 359.99
ahorro por cada golpe a los mangos	Q -
ahorro por cada giro al niple	Q -
tiempo para apretar cada niple con pistola neumática	Q 1,435.60
tiempo para trasladar aro de Silla 1 a 2 ó 3, en la nueva posición	Q -
tiempo para trasladar aro de Silla 2 ó 3 a 4, en la nueva posición	Q -
instalación de ventiladores	Q 360.00
Ahorros cronometrados en simulación	
ahorro por utilizar una carretilla por cada viaje	Q 1,679.16
Elevar superficies de trabajo en enllantado	Q 1,050.00
Un juego de herramientas para cada operario	Q 332.64
Tapetes anti fatiga	Q 906.70
Total costo	Q 6,324.09

En cuanto a la producción, con el ahorro total obtenido de la Tabla 4.3 Ahorros porcentual por mejoras, del 14.39% se podría obtener un aumento en la tasa de producción diaria de 25 bicicletas a 29 bicicletas, incrementando la producción anual en 960 unidades.

Tabla 4.3. Ahorro porcentual por mejoras

	Segundos	Horas
Ahorro total en segundos, derivado del análisis crítico del DOP	661.83	0.183841667
Tiempo total de ensamble	4598.48	1.277355556
Ahorro porcentual del tiempo total de ensamble por bicicleta		14.39%

Con estos datos se realizó un análisis de rentabilidad, para ver el período de recuperación de la inversión en estas mejoras, su tasa interna de retorno y su valor presente neto a un año. Entre los resultados se puede ver que el proyecto sí es rentable ya que produjo un valor presente neto positivo, superó a la tasa mínima de retorno de la empresa para mejoras, que es del 1% mensual según la Gerencia de la empresa, y la inversión en las mejoras se recuperó en 9.5 meses (ver Tabla 4.4. Análisis de rentabilidad de las Mejoras).

Tabla 4.4. Análisis de rentabilidad de las mejoras

Costo de mano de obra directa antes de las mejoras (por bicicleta)	Q	8.43
Costo de mano de obra directa después de las mejoras (por bicicleta)	Q	7.22
Ahorro en quetzales por bicicleta	Q	1.21
Ahorro en quetzales mensual	Q	703.75
TMAR mensual		1.00%
Inversión	Q	(6,324.09)
Flujo de efectivo mensual	Q	703.75
VPN (para 12 meses)	Q	1,596.63
TIR (para 12 meses)		5%
Período de Recuperación en meses		9.5

La Tabla 5. Comparación de DOPs muestra que se ahorraron en total 8 actividades; 2 operaciones y 6 inspecciones (Ver XI. Apéndices E. DOP Mejorado).

Tabla 5. Comparación de DOPs

Evento	DOP ACTUAL		DOP MEJORADO	
	Número	Tiempo	Número	Tiempo
Operaciones	79	2942.25	77	2811.31
Transportes	9	1432.82	9	936.98
Inspecciones	20	223.41	14	188.36
Almacenamiento	1	-	1	-
Totales	109	4,598.48	101	3,936.65

VI. EVALUACIÓN DEL MERCADO ACTUAL Y ANÁLISIS DE LA DEMANDA POTENCIAL

La demanda potencial representa la cantidad de bicicletas que los clientes posiblemente comprarán. Su estimación es útil para obtener un aproximado de las unidades que la empresa deberá producir y con base en ella calcular sus metas de ventas.

La oferta en Guatemala, el mercado actual, se compone de numerosas compañías que se dedican a la importación, el ensamble y la venta de bicicletas. Entre ellas se encuentran:

1. VECESA / Shimano
2. La Cadena del Ciclista / Maya Tour
3. Corsario / Corbes de Guatemala
4. Black Bull Bikes
5. Falcon
6. TBG / Carrera
7. Winsor
8. Star Bike
9. El Porteño / Olympic (Publicar, 2009)

Se consideran las mencionadas como la competencia directa de Black Bull Bikes, ya que sus productos y servicios son similares. Existen también otras empresas, pero no compiten directamente pues se dedican a la venta de otro tipo de bicicletas, para carreras, de carbono o livianas.

Se exploraron diferentes fuentes de información para obtener una mejor estimación de los cambios recientes en la demanda. La mejor fuente, ya que contiene la mayor cantidad de datos y los más recientes, es la tabla de importación de bienes. Pero a pesar de ser la fuente más adecuada, no se debe realizar el análisis sin tomar en cuenta que esta fuente incluye otros tipos de bicicletas, y que según el CIEN, más del 40% de la economía en Guatemala es informal, y el índice de evasión alcanza casi el 50%.

Para evaluar la cantidad de bicicletas importadas a cada país se sumaron las partidas arancelarias para bicicletas y demás velocípedos sin motor (partida 87120000) y la de marcos y tenedores (partida 87149100). Con ellos se incluyen tanto las empresas que importan bicicletas ya completas, así como otras que importan piezas y ensamblan en Guatemala. (Banco de Guatemala, 2009)

Tabla 6. Importaciones totales de bicicletas por país

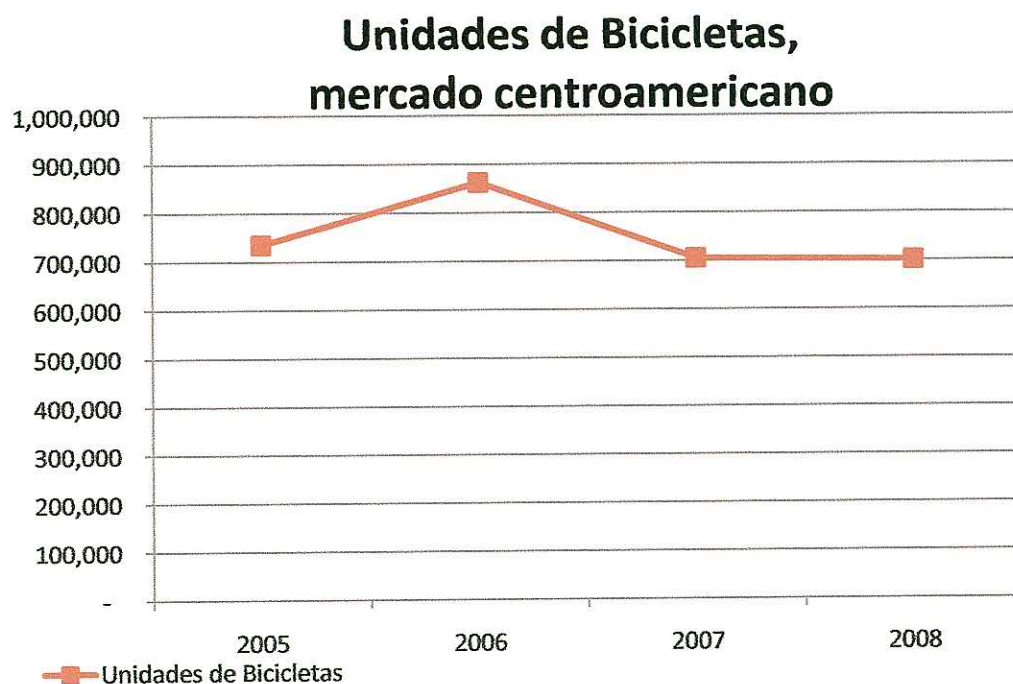
	País	Cantidad en bicicletas armadas (87120000)	Cantidad en marcos y tenedores (87149100)	Cantidad total importada	Mercado centroamericano
Año 2005	El Salvador	11,875	88,781	100,656	734,823
	Guatemala	42,066	141,771	183,837	
	Honduras	100,017	6,331	106,348	
	Nicaragua	13,315	106,636	119,951	
	Panama	28,652	595	29,247	
	Costa Rica	26,744	168040	194,784	
Año 2006	El Salvador	10,970	135,795	146,765	861,782
	Guatemala	37,663	161,874	199,537	
	Honduras	127,230	53,192	180,422	
	Nicaragua	12,376	141,326	153,702	
	Panama	30,338	900	31,238	
	Costa Rica	37,434	112683	150,117	
Año 2007	El Salvador	9,052	87,110	96,162	705,037
	Guatemala	26,313	173,317	199,630	
	Honduras	86,303	16,361	102,664	
	Nicaragua	8,785	112,553	121,338	
	Panama	25,192	499	25,691	
	Costa Rica	35,012	124540	159,552	
Año 2008	El Salvador	6,047	97,283	103,330	700,906
	Guatemala	19,286	164,498	183,784	
	Honduras	74,834	32,167	107,001	
	Nicaragua	7,345	116,550	123,895	
	Panama	22,022	1042	23,064	
	Costa Rica	31,503	128328	159,831	

(UNdata, 2009)

El proceso de expansión de Black Bull Bikes, dirigido por el Consejo de Administración, presenta el reto de llevar la marca Black Bull a Centroamérica. Por lo tanto, este análisis se extiende a Guatemala, Honduras, Nicaragua, El Salvador, Costa Rica y Panamá (Tabla 6.). En todos estos países se tiene la facilidad de almacenaje y distribución, pues actualmente la empresa madre del conglomerado al que pertenece Black Bull Bikes cuenta con operaciones en esos países, por lo que forma parte de las metas de Black Bull el comenzar a expandirse. No se incluyó Belice, pues no se cuentan con operaciones establecidas y la empresa madre no considera dentro de sus metas ingresar a ese mercado a corto ni mediano plazo (Pérez P., Jose Rodolfo, 2009)

El comportamiento del mercado centroamericano durante los últimos cuatro años se representa en la Figura 13.

Figura 13. Comportamiento del mercado centroamericano de Importaciones de bicicletas

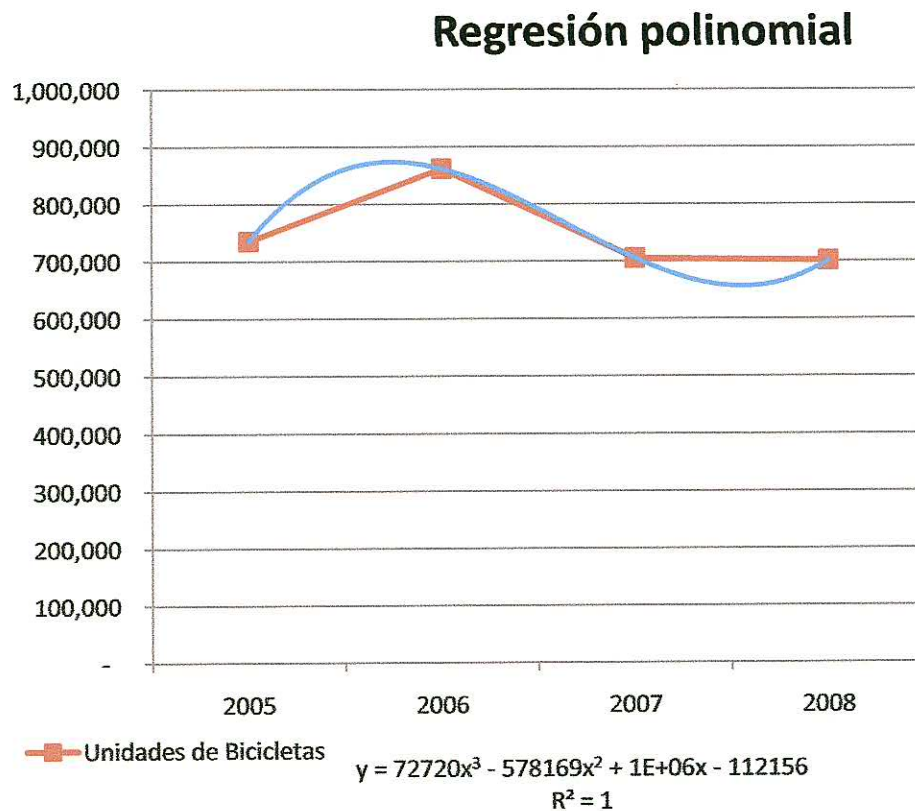


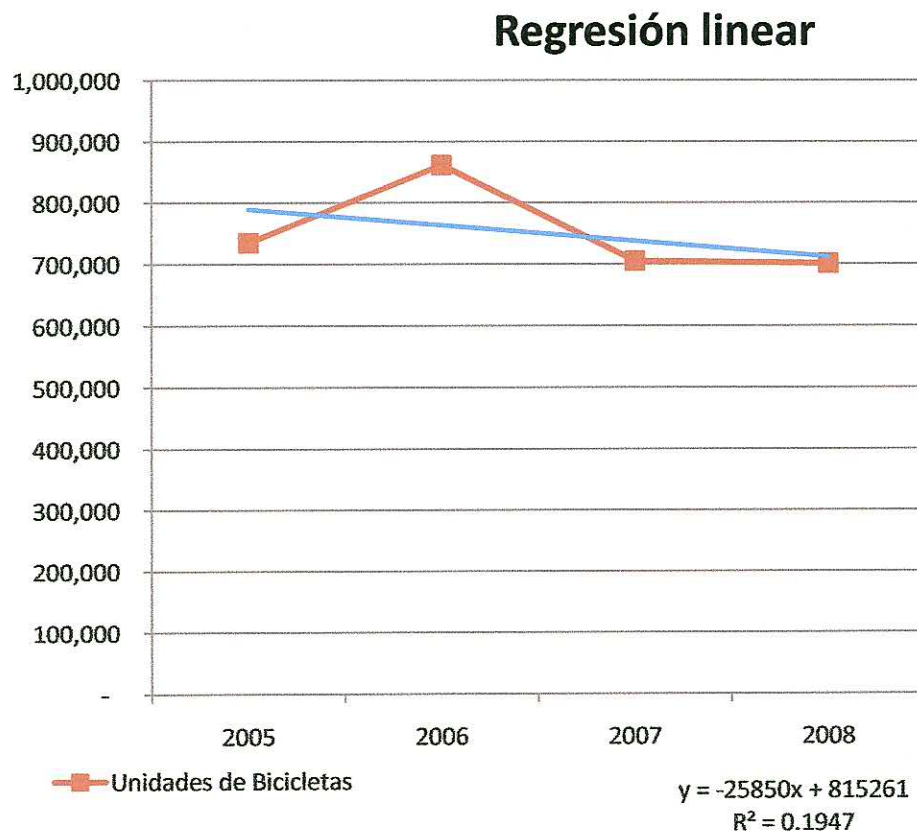
Con los datos recabados se hicieron los siguientes análisis de regresión. Al realizar una regresión polinomial ($y = 72720x^3 - 578169x^2 + 1E+06x - 112156$) se obtuvo una

curva con un coeficiente de correlación R^2 de 1, es decir que pasa por todos los puntos de la gráfica. Sin embargo, a pesar de la eficiencia de interpolación del modelo para predecir el comportamiento del mercado dentro de los datos ingresados, no es útil para la extrapolación. Por lo tanto, aún pese a su simplicidad y un R^2 menor (de 0.1947), el modelo que aporta mayor utilidad para predecir en la medida de lo posible el futuro comportamiento del mercado es la regresión lineal ($y = -25849x + 815261$), pues muestra una tendencia más acertada del mercado fuera de los datos históricos. El modelo lineal evidencia la constancia del mercado durante los 4 años, con un leve declive.

En la Figura 14 se muestran ambas regresiones con sus respectivas ecuaciones y coeficientes.

Figura 14. Comparación de regresión polinomial vs. regresión lineal





Por el carácter dinámico de un mercado, no se tomaron en cuenta datos históricos de años anteriores al 2005, pues podrían haber añadido al modelo mayor variabilidad. Dado que durante los primeros años del 2000 adquirieron popularidad otros productos sustitutos de la bicicleta, pueden haber provocado bajas en el mercado. Entre ellos, los Tuc-Tucs, las paneles que transportan pasajeros, o las motocicletas a precios accesibles y con opción de pagos. Pero se considera que a partir del año 2005, dichos productos, y con ellos el mercado de las bicicletas, también se estabilizaron.

De las regresiones y la experiencia que tiene Black Bull Bikes en su trayectoria de 5 años, para el escenario base de la proyección de ventas se asumió que el mercado iba a mantener un comportamiento lineal, con crecimiento nulo. También se supuso que debido a ciertos factores, la demanda no iba a continuar cayendo, sino se iba a mantener constante. Entre esos factores se pueden mencionar los esfuerzos de las municipalidades por proveer un espacio para los ciclistas, como las ciclo vías en

Escuintla, o las actividades de Pasos y Pedales. También la facilidad para adquirir una bicicleta (en comparación a una motocicleta en donde se necesita fiador, tarjetas de crédito o préstamos). Y por último se tomó en cuenta la influencia de la moda ambientalista y los crecientes costos de la gasolina.

Por ello, la proyección de ventas se estimó a partir de los datos más actuales disponibles, los del 2008.

De los datos de las importaciones para el año 2008, se obtuvo que las importaciones totales de bicicletas a Guatemala fueron 183,784 unidades. De ellas Black Bull importó 10,140, que representa el 6%. La Figura 15 muestra que la empresa Black Bull Bikes tiene todavía un mercado nacional potencial muy grande. (UNdata, 2009)

Figura 15. Participación del mercado guatemalteco de bicicletas, según importaciones



Tabla 7. Crecimiento anual y participación de mercado, Guatemala

	Año	Total Bicis Guatemala	Black Bull Bikes Guatemala	Crecimiento anual	Participación de mercado
Histórico	2005	183,837	7,920	-	4%
	2006	199,537	8,395	6%	4%
	2007	199,630	9,318	11%	5%
	2008	183,784	10,140	9%	6%
Proyectado	2009	183,784	10,647	5%	6%
	2010	183,784	11,179	5%	6%
	2011	183,784	11,738	5%	6%
	2012	183,784	12,325	5%	7%
	2013	183,784	12,941	5%	7%
	2014	183,784	13,589	5%	7%

En la Tabla 7 se presenta el crecimiento anual de Black Bull Bikes, según los datos proveídos por la empresa. En el 2005, con apenas dos años de estar operando, alcanzó a tener el 4% de todas las importaciones de bicicletas. Al 2008, ya contaba con 6%, como se explica en la Figura 15.

Black Bull Bikes es una empresa que trabaja con niveles muy bajos de inventario. Tan bajos, que para las ventas de fin de año en diciembre usualmente se quedaban sin producto. Por lo tanto se puede asumir que sus importaciones anuales se igualan a las ventas casi en su totalidad.

Para proyectar las ventas en los próximos cinco años, asumimos que el producto se encuentra aún en una fase de crecimiento, pues a muchas personas les llama la atención probar un producto nuevo si su precio es atractivo comparado con el de la competencia. Se consideró para el escenario base que las ventas de bicicletas Black Bull aumentarán de manera constante, en un 5% tanto para Guatemala (Tabla 7) como para el resto de países centroamericanos en donde penetre Black Bull. Para el año 2010, año en que se lanzaría Black Bull Bikes en Centroamérica, se asumió una participación inicial de Mercado de 1.5%, proyección conservadora dado que los datos históricos muestran

que en Guatemala fue mayor (Tabla 7). A pesar que el mercado centroamericano se supone constante, sin crecimiento, sí se prevé el aumento de la participación de mercado de Black Bull Bikes. Con base en estas proyecciones se estimaron las ventas de bicicletas por año, en total sumando Guatemala y el resto de Centroamérica, según se presentan en la Tabla 8.

Tabla 8. Crecimiento anual y participación de mercado, Centroamérica

Año	Centroamérica (excepto Guatemala)	Black Bull Bikes CA	Crecimiento anual	Participación de mercado	Black Bull Bikes Guatemala	TOTALES PROYECTADAS
2009	517,122	-	-	-	10,647	10,647
2010	517,122	7,757	5%	1.5%	11,179	18,936
2011	517,122	8,145	5%	1.6%	11,738	19,883
2012	517,122	8,552	5%	1.7%	12,325	20,877
2013	517,122	8,980	5%	1.7%	12,941	21,921
2014	517,122	9,428	5%	1.8%	13,589	23,017

VII. PRODUCCIÓN MECANIZADA

A. Escenario analizado

Las condiciones que rigen la propuesta de la planta mecanizada son que, con base en la proyección de mercado potencial, se necesitará un aumento significativo en la producción anual de bicicletas.

Debido a la estacionalidad del mercado, la línea de ensamble propuesta es flexible en su tamaño, pues está compuesta de eslabones que se conectan uno tras otro, y puede trabajar de 5 hasta 20 bicicletas simultáneamente. También se adapta a cualquier estilo que se ensamble, sin importar el modelo o tamaño.

La ubicación actual del terreno propuesto se encuentra en Bárcenas, por su facilidad de alquiler y punto estratégico fuera pero cerca de la ciudad. Pero no se descarta la opción del alquiler de una bodega ya construida de dimensiones similares dentro de una zona franca en Escuintla, si la mayoría del producto terminado fuera para exportación.

B. Descripción del sistema propuesto

Se propone una planta con un mayor grado de automatización. Dicha planta contaría con un terreno de 140 x 110 metros, un área total de 15,400 metros cuadrados. El terreno contempla áreas verdes para futuras expansiones en el área de producción.

Dentro del personal necesario se encuentra Gerencia General, Recursos Humanos, Compras y Logística, Ventas, Mercadeo, Contabilidad, Mantenimiento, Servicio al Cliente y Sala de Ventas, con un total de 83 personas trabajando para la empresa. (Planta de Bicicletas, 2009)

El proceso principal se basará en una línea de producción. Se dividirá el ensamble en seis subprocesos, para facilitar el flujo de partes armadas hacia la línea de ensamble. El primer subproceso es de armado de las llantas, que constan del aro, la masa, los rayos, el tubo y la válvula, y se inflan. Luego, se arma el timón en un segundo subproceso, y se le atornillan las manecillas, sistema de frenos, copas centrales y de dirección. Como tercer y cuarto subproceso se encuentra el tenedor y marco, a los cuales hay que

insertarles las copas de dirección en otra máquina. El quinto subproceso es el encadenado. Una vez se encuentren armadas estas partes, se procede a ensamblar la bicicleta completa y el resto de accesorios en una línea de producción, como sexto subproceso. (Planta de Bicicletas, 2009)

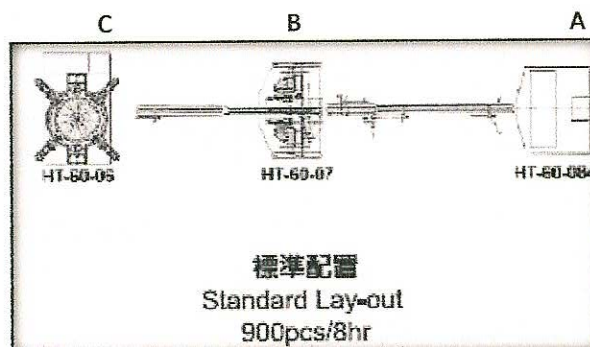
La faja giratoria de la línea de producción contiene tubos cilíndricos en los que se inserta la bicicleta según su estado de armado. Los operarios se encuentran a ambos lados de la faja, y se especializan en una tarea, la cual deben ejecutar en cierto tiempo antes de que vuelva a accionarse la faja y continúen a la siguiente bicicleta. (Planta de Bicicletas, 2009)

La planta debe contemplar que su capacidad debe adaptarse entre 15 y 50 operarios, según el estado del ciclo de vida del producto. También debe adaptar su capacidad a la época del año, y así poder cumplir con el aumento en la demanda en épocas navideñas. (Planta de Bicicletas, 2009) (Ver Apéndice XI.G. Planos de la Planta Propuesta)

C. Equipo y maquinaria

La maquinaria es indispensable para aumentar el ritmo de producción de la planta de ensamble. Se implementarán las siguientes máquinas:

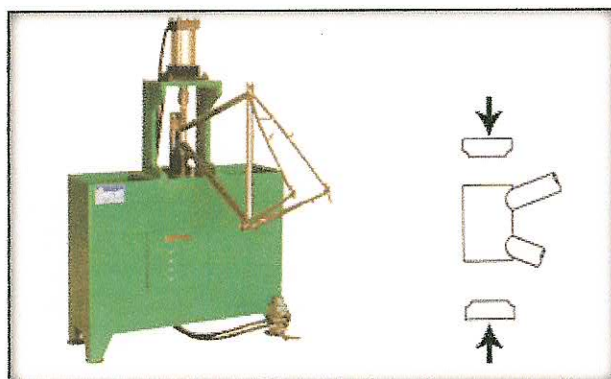
1. Armado de llantas: HT-60-081
 - Para ensamblar los rayos dentro de la masa y el aro.
 - Para llantas de tamaños 16, 20, 24 y 26.
 - Para nivelar el aro ya armado.



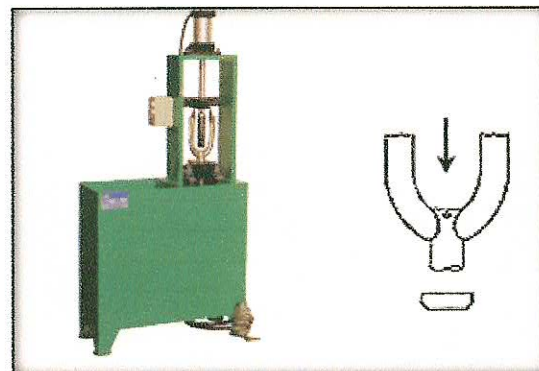
Partes	Capacidad	Dimensiones (m)	Voltaje
Máquina A: HT 60-084	60 s/pieza	1.3 x 1.25 x 1.65	220 V
Máquina B: HT 60-07	20 s/pieza	1.4 x 1.17x2	220 V
Máquina C: HT 60-06	20 s/pieza	1.78 x 1.26 x 2.05	220 V

2. Marco y tenedor: HT-70-01 y HT-70-02

- Para insertar copas centrales y copas de dirección en el marco.
- Para insertar copas en el tenedor y en el marco
- Van ambas máquinas juntas, una al lado de la otra



Head Cup/B.B. Cup Pressing M/C
HT-70-01



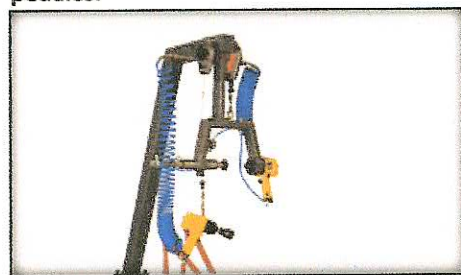
Front Fork Cup Pressing M/C
HT-70-02

Partes	Capacidad	Dimensiones (m)	Voltaje
Máquina 2: HT-70-01	8 s/pieza	1.3 x .5 x 1.7	220 V
Máquina 3: HT-70-02	8 s/pieza	1.3 x .5 x 1.7	220 V

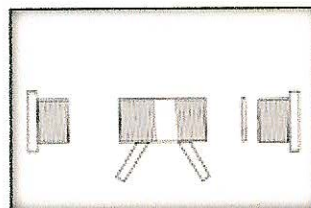
3. Para armar todas las partes: HT-70-01 y HT-70-02

1) M4:

- Estructura vertical con pistolas neumáticas para apretar copas de eje central para los pedales.

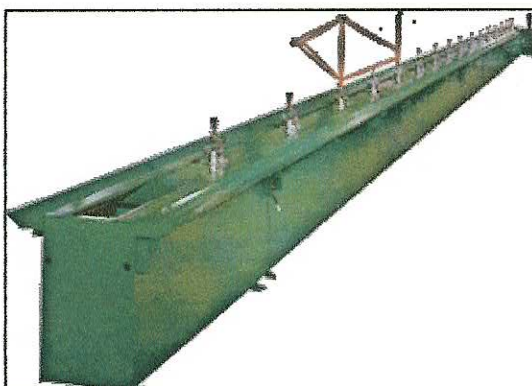


Vertical B.B. Cup Tightening M/C
HT-70-131



2) M5:

- Línea de ensamble: para posicionar los marcos al revés y ensamblarle las partes restantes por estaciones.
- Capacidad para máximo 20 bicicletas simultáneamente, flexible en longitud
- Con programación automática o botón manual para accionar



Complete Bicycle Asembling Conveyor (35M)
HT-70-07

3) M6:

- Cortadora automática de cadena



Auto Chain Cutting M/C HT-70-30

Partes	Capacidad	Dimensiones (m)	Voltaje
Máquina 4: HT-70-13	40 s/pieza	0.75 x 1.2 x .24	220 V
Máquina 5: HT-70-07	40 s/pieza	0.75 x 1.2 x .24	220 V
Máquina 6: HT-70-30	14 eslabones/s	2.5 x .7 x 1.45	220 V

4) Compresor



- Marca: CERMAG
- Capacidad: 500 Lts.
- Presión: 110/140 lbs/pulg²
- Motor: 15 HP, 3 fases
- Entrega: 1350 lts/min a 130 lbs.
- 220 V
- 60Hz

5) Montacargas



- Marca: Caterpillar
- Medidas: 2.7 x 1.29 x 2.14 mts.
- Gasolina, 4 cilindros
- Capacidad: 3.5 toneladas
- Altura máxima: 4.74 mts.

(Planta de Bicicletas, 2009)

D. Capacidad de producción

La línea de producción tiene una capacidad de producir, una vez la línea esté llena, una bicicleta cada 50 segundos. Debido a que la demanda no es tan alta, no es necesario llegar a un tiempo takt tan estricto.

Dada la demanda potencial calculada para Centroamérica, la planta debería estar en la capacidad de producir más de 24,000 unidades anuales, con proyección a un crecimiento mayor y un margen de error en las predicciones, se calcularán 31,000 bicicletas anuales, equivalente a 129 bicicletas diarias.

La jornada laboral diaria de la nueva planta de producción será de 7:00 – 17:00, un total de 9 horas diarias. La hora de almuerzo será de 12:00 – 13:00. Se toman un 14% de demoras (en base a experiencia obtenida en análisis de otras plantas).

- Tiempo diario de operación = 9 – almuerzo – demoras = 412.8 minutos
- Demanda diaria = 129 unidades (2583 mensuales)
- Tiempo diario de producción requerido por unidad = 17.44 minutos

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{412.8}{129} = 3.2 \text{ minutos}$$

Con el nuevo sistema de producción, la operación que requiere de más tiempo, y la única que sobrepasa los 3.26 minutos, es la de graduación de frenos, que toma 4.17 minutos. Se deberá tomar una acción correctiva para disminuirla en 58 segundos, para que no se convierta en un cuello de botella. Se puede dar una mejor capacitación al operario, y al tener a un operario especializado únicamente en esa acción, es posible disminuirla a 3.2 minutos.

La producción anual actual es excedida por la del sistema mecanizado con una línea de producción en un 344% (ver Tabla 9.)

Tabla 9. Producción actual vs. nuevo sistema

Producción actual	
Diarias	25
Mensuales	500
Horas extras octubre noviembre y diciembre	3,000
Total anual	9,000
Producción con sistema de producción mecanizado	
Diarias	129
Mensuales	2,583
Total anual	31,000
Porcentaje en aumento de producción	344%

E. Presupuesto de la planta de producción propuesta

El presupuesto para la nueva planta se basa en los rubros totales, en quetzales. Se hizo la suposición que el terreno se iba a adquirir y adicionalmente se debía cotizar la infraestructura de la misma, a parte de la inversión adicional necesaria para la maquinaria y equipo.

El terreno propuesto por la constructora sería de 11,000 metros cuadrados. En dicho terreno serían necesarios algunos trabajos preliminares de acondicionamiento así como los debidos estudios requeridos por la ley. La construcción de la planta, que comprende la bodega e materia prima, bodega de producto terminado, área de ensamble, oficinas, área de empleados y sala de ventas, tendría un total de 2,400 metros cuadrados. (Para más detalles ver XII. Apéndice J. Cotizaciones)

El mobiliario para oficinas incluye escritorios, sillas, salas de reuniones, computadoras e impresoras, archivos, teléfonos, cafetería, entre otros. El mobiliario de bodegas y producción se refiere a estanterías, sillas de trabajo, lockers, bodegas de mantenimiento y sus suplementos, enfermería, entre otros.

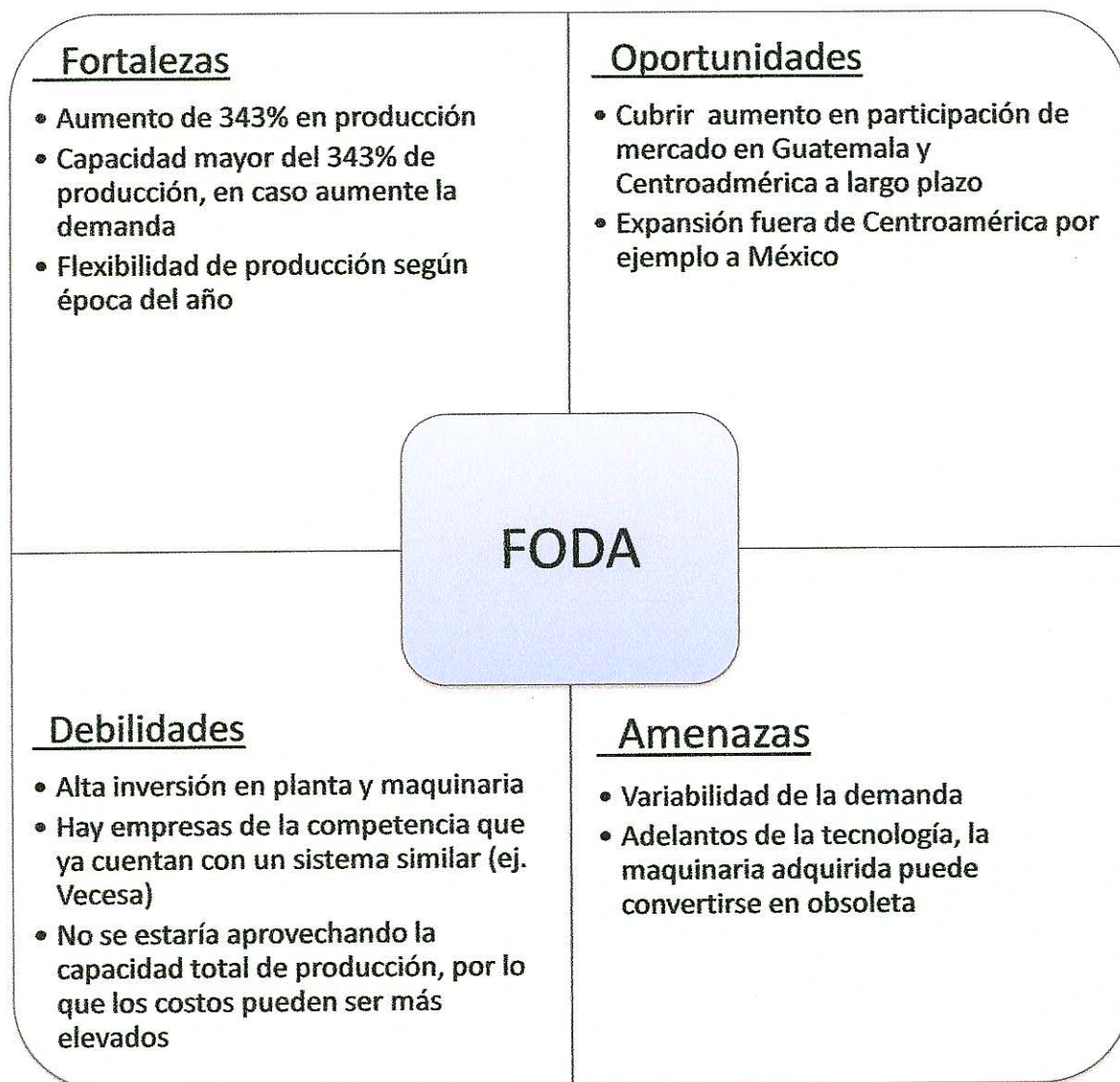
La inversión total sería de 6.56 millones de quetzales.

Figura 16. Presupuesto de la planta mecanizada (Shutztung Machinery, Co. LTD.)

Descripción	Monto en Quetzales
Trabajos preliminares	
Terreno	1,878,750.00
Diseño y Planos	84,000.00
Construcción y Permisos	2,400,000.00
Estudios Preliminares	54,000.00
Otros (Infraestructura)	246,000.00
Movimientos de Tierra	223,300.00
<i>Total trabajos preliminares</i>	<i>4,886,050.00</i>
Maquinaria	
Máquina 1A: HT 60-084	300,600.00
Máquina 1B: HT 60-07	125,250.00
Maquina 1C: HT 60 -06	204,575.00
Máquina 2: HT-70-01	25,050.00
Máquina 3: HT-70-02	25,050.00
Máquina 4: HT-70-131	54,275.00
Máquina 5: HT-70-07	134,435.00
Máquina 6: HT-70-30	54,275.00
Instalación Maquinaria	62,625.00
Compresor	16,073.75
Montacargas	124,415.00
<i>Total maquinaria</i>	<i>1,126,623.75</i>
Mobiliario oficinas	<i>249,052.79</i>
Mobiliario bodegas y producción	<i>297,492.08</i>
Total	Q 6,559,218.62

F. FODA del sistema propuesto de producción

Figura 17. FODA del nuevo sistema de producción



VIII. ANÁLISIS FINANCIERO Y DE SENSIBILIDAD

Para definir si la inversión en la planta mecanizada presentada es rentable, se analizarán las finanzas actuales y proyectadas a 5 años de Black Bull Bikes. Se eligió el plazo dado que provee un escenario base cercano a la realidad y evita caer en proyecciones de plazo tan largo que puedan, en vez de aportar credibilidad al modelo, obstaculizarlo. También, la gerencia de la empresa considera el plazo de 5 años prudente para el análisis del proyecto, pues se espera que no tome un plazo mayor recuperar la inversión.

Para el escenario base se asumió que el mercado se comportaría como se definió en el capítulo VI. EVALUACIÓN DEL MERCADO ACTUAL Y ANÁLISIS DE LA DEMANDA POTENCIAL. El precio FOB China y el precio de venta se mantendrán constantes para fines del modelo inicial, en \$ 33.29 y Q. 655.00 con IVA respectivamente (ver XII. Apéndice J. Cotizaciones).

En la integración de los costos se obtuvo el costo del seguro sobre las importaciones de Black Bull Bikes del 1.65% sobre el valor FOB del producto y el costo por flete por contenedor según CMA (Transcontinental) desde Shanghái de \$ 3,571.00. Mientras que los salarios se establecieron como constantes, los gastos administrativos se aumentaron en 10% el primer año, al realizar el cambio hacia la nueva planta mecanizada. Los factores restantes se asumieron sin cambios.

Para armar los estados financieros se obtuvieron del departamento de contabilidad los datos aproximados de los años 2008 y 2009 (acumulados hasta octubre, y presupuestados hasta diciembre). Los años restantes se calcularon mediante proyecciones.

Respecto a los gastos de internación, por política de la empresa se van a pedir los contenedores siempre llenos (1200 unidades) de lo cual se puede calcular la cantidad de contenedores al dividir las unidades proyectadas para venta entre 1200, y aproximarlos al entero más cercano.

Dentro de los cálculos de mano de obra directa el departamento de contabilidad compartió que la tasa directa ordinaria por hora era de 6.60 Q/hora (52.80 Q/día), y que en promedio se laboraban 1920 horas al año por cada operario. Las prestaciones calculadas fueron para vacaciones el 4.1095% (15 días/365 días), para Bono 14 y Aguinaldo 8.33% cada uno, y el IGGS, IRTRA e INTECAP, el 12.67%.

La mano de obra indirecta está conformada por la contratación de un conserje, un guardia y las horas indirectas de producción utilizadas en bodega, carga y mantenimiento. Se proyectó para el año 2010 contratar a 2 encargados de mantenimiento, 4 mecánicos, 1 jardinero, 1 guardia, 2 policías, 3 auxiliares de bodega, 1 montacarguista, según el plan presentado en el trabajo de diseño de la planta mecanizada. Luego, para el 2011 se contratará 1 enfermera y 1 doctor para que realicen visitas periódicas, 12 personas para limpieza, cocina y bodegas. En cuanto a la contratación de personal administrativo, se tendría que contratar cinco gerentes, cinco secretarías, un auxiliar de contabilidad, un encargado de servicio al cliente y tres vendedores adicionales para lograr el volumen de producción deseado.

Los suministros constantes, como el material de empaque, útiles de limpieza, papelería y útiles de producción se promediaron con base en el dato real acumulado del año 2009.

La energía eléctrica también se obtuvo de manera similar, pero se proyectó un aumento del 15% al 2010 por la nueva planta. Los impuestos sobre la energía eléctrica son del 10%, y el IUSI sobre la nueva planta, proyectado constante a lo largo de los cinco años, del 0.6%. A partir del 2009, se prescindiría del alquiler de la bodega actual, ya que en el 2010 se realizaría el traslado a la nueva planta. La depreciación sobre la inversión de la planta se descontaría al 20% para la maquinaria y equipo, y al 5% sobre el edificio.

El dato de los seguros (como pólizas de inventario, mobiliario y equipo, maquinaria y equipo, y edificios) se aumentó en un 50% al 2010 por la inversión en la planta nueva.

Los intereses se clasificaron como otros gastos financieros. Dicho préstamo al banco consistiría en una mezcla equitativa entre préstamo fiduciario (14%) e hipotecario

(12%), con un interés resultante 13% (dato del Depto. de Finanzas de la empresa). Se obtendría a un plazo de 5 años, con una cuota nivelada, cuya mensualidad consistiría en Q. 149,321.00 (Q. 1,791,852.00 anual).

El análisis financiero del escenario base indica cuáles factores influirían en magnitudes mayores en el Estado de Resultados. Se utiliza el año 2010 para realizar esta comparación porcentual pues es el primer año que incluye la proyección de la instalación de la planta nueva. Las compras directas representan el 60% sobre el valor de las ventas, rubro del Estado de Resultados con mayor peso. El siguiente rubro, con el 7% sobre las ventas, es el del pago de los intereses del préstamo. Dado que la empresa no cuenta con capital propio en las cantidades necesarias para la inversión, es un rubro que no se considera manipulable. Pero el de ISR, que también tiene un peso de 7%, sí se considera que podría variar. Luego, dos rubros con el 2% sobre las ventas, son la mano de obra directa y los gastos indirectos de fabricación (ver Tabla 10. Estado de resultados comparativo).

Tabla 10. Estado de resultados comparativo

ESTADO DE RESULTADOS, Montos en Quetzales	Año 2010	Porcentaje sobre ventas
Unidades	18,936	
Ventas netas	11,074,284	100%
Costo de ventas		0%
Inventario inicial	(330,702)	-3%
Compras	(6,662,621)	-60%
Mano de obra directa	(191,049)	-2%
Gastos indirectos de fabricación	(233,492)	-2%
(-) Inventario final	422,251	4%
Total costo de ventas	(6,995,614)	-63%
Utilidad bruta	4,078,670	37%
		0%
Gastos de administración y venta	(231,084)	-2%
Cuentas incobrables	(141,620)	-1%
Otros gastos financieros	(795,147)	-7%
Utilidad antes de otros gastos e impuestos	2,910,820	26%
Otros ingresos/gastos		
Depreciación (-)	(474,525)	-4%
Utilidad antes de impuesto UAI	2,436,295	22%
Impuesto ISR	(755,251)	-7%
Utilidad neta	1,681,044	15%

Se presentan a continuación en las Tablas 11, 12 y 13 los tres estados financieros del escenario base (Estado de Resultados, Balance General y Flujo de Efectivo).

Tabla 11. Estado de resultados escenario base

ESTADO DE RESULTADOS	Año 2009 *	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014
Unidades	10,647	18,936	19,883	20,877	21,921	23,017
Ventas netas	Q 6,226,593.75	Q 11,074,283.84	Q 11,627,998.03	Q 12,209,397.93	Q 12,819,867.83	Q 13,460,861.22
Costo de ventas						
Inventario inicial	Q (277,609.23)	Q (330,701.99)	Q (422,250.57)	Q (601,659.35)	Q (436,086.81)	Q (324,697.71)
Compras	Q (3,747,724.55)	Q (6,662,621.42)	Q (7,079,035.26)	Q (7,079,035.26)	Q (7,495,449.09)	Q (7,911,862.93)
Mano de obra directa	Q (107,370.90)	Q (191,048.99)	Q (198,145.84)	Q (218,489.41)	Q (227,572.19)	Q (237,723.00)
Gastos indirectos de fabricación	Q (269,912.05)	Q (233,491.85)	Q (269,421.91)	Q (269,421.91)	Q (269,421.91)	Q (269,421.91)
(-)Inventario final	Q 330,701.99	Q 422,250.57	Q 601,659.35	Q 436,086.81	Q 324,697.71	Q 249,380.54
Total costo de ventas	Q (4,071,914.73)	Q (6,995,613.68)	Q (7,367,194.23)	Q (7,732,519.13)	Q (8,103,832.29)	Q (8,494,325.01)
Utilidad Bruta	Q 2,154,679.02	Q 4,078,670.16	Q 4,260,803.80	Q 4,476,878.80	Q 4,716,035.54	Q 4,966,536.21
Gastos de administración y venta	Q (167,642.68)	Q (231,084.08)	Q (231,084.08)	Q (231,084.08)	Q (231,084.08)	Q (231,084.08)
Cuentas incobrables	Q (83,479.60)	Q (141,619.59)	Q (202,666.58)	Q (266,765.92)	Q (334,070.22)	Q (334,070.22)
Otros gastos financieros	Q -	Q (795,146.63)	Q (657,568.91)	Q (501,001.00)	Q (322,821.63)	Q (120,047.72)
Utilidad antes de otros gastos e impuestos	Q 1,903,556.74	Q 2,910,819.86	Q 3,169,484.22	Q 3,478,027.80	Q 3,828,059.60	Q 4,281,334.18
Depreciación (-)	Q -	Q (474,524.75)	Q (103,350.00)	Q (103,350.00)	Q (103,350.00)	Q (103,350.00)
Utilidad antes de impuesto UAI	Q 1,903,556.74	Q 2,436,295.11	Q 3,066,134.22	Q 3,374,677.80	Q 3,724,709.60	Q 4,177,984.18
Impuesto ISR	Q (590,102.59)	Q (755,251.48)	Q (950,501.61)	Q (1,046,150.12)	Q (1,154,659.98)	Q (1,295,175.10)
Utilidad neta	Q 1,313,454.15	Q 1,681,043.63	Q 2,115,632.61	Q 2,328,527.68	Q 2,570,049.62	Q 2,882,809.08

* A partir del 2009, datos proyectados

Tabla 12. Balance general escenario base

BALANCE GENERAL	Año 2008	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014
ACTIVOS							
Activo corriente							
Banco	452,548.23	1,013,763.30	1,489,491.99	2,020,452.73	2,624,509.33	3,440,741.75	4,486,751.53
Cuentas por cobrar	936,939.35	2,782,653.32	4,720,653.00	6,755,552.65	8,892,197.29	11,135,674.16	11,135,674.16
Reserva para cuentas incobrables	(28,108.18)	(83,479.60)	(141,619.59)	(202,666.58)	(266,765.92)	(334,070.22)	(334,070.22)
Total cuentas por cobrar	908,831.17	2,699,173.72	4,579,033.41	6,552,886.07	8,625,431.37	10,801,603.93	10,801,603.93
Inventario	277,609.23	330,701.99	330,701.99	422,250.57	601,659.35	436,086.81	324,697.71
Total activos corrientes	1,638,988.63	4,043,639.01	6,399,227.38	8,995,589.37	11,851,600.05	14,678,432.50	15,613,053.18
Propiedad planta y equipo							
Terreno	-	-	2,102,050.00	2,102,050.00	2,102,050.00	2,102,050.00	2,102,050.00
Edificio	-	-	2,784,000.00	2,784,000.00	2,784,000.00	2,784,000.00	2,784,000.00
Maquinaria y equipo	-	-	1,676,623.75	1,676,623.75	1,676,623.75	1,676,623.75	1,676,623.75
Depreciación acum. edificio	-	-	139,200.00	278,400.00	417,600.00	556,800.00	696,000.00
Depreciación acum. M y E	-	-	335,324.75	670,649.50	1,005,974.25	1,341,299.00	1,676,623.75
TOTAL ACTIVOS	1,638,988.63	4,043,639.01	12,487,376.38	14,609,213.62	16,990,699.55	19,343,007.25	19,803,103.18
PASIVO Y CAPITAL							
Pasivo corriente							
Proveedores	774,726.97	1,503,689.67	916,465.58	1,478,604.36	2,316,328.11	3,016,182.05	1,640,840.06
Impuesto ISR	308,836.90	590,102.59	755,251.48	950,501.61	1,046,150.12	1,154,659.98	1,295,175.10
Total pasivo corriente	1,083,563.87	2,093,792.26	1,671,717.06	2,429,105.97	3,362,478.23	4,170,842.02	2,936,015.15
Deudas a largo plazo (préstamo)	-	-	6,562,673.75	5,565,968.38	4,431,685.29	3,140,834.29	1,671,803.92
Total pasivo no corriente	-	-	6,562,673.75	5,565,968.38	4,431,685.29	3,140,834.29	1,671,803.92
Reserva para prestaciones							
Vacaciones	7,550.91	7,550.96	10,887.88	12,135.10	12,724.81	12,988.09	13,282.34
Bono 14 y aguinaldo	30,622.56	30,611.75	44,139.68	49,195.97	51,586.64	52,654.00	53,846.87
IGSS, IRTA, INTECAP	1,940.01	1,940.03	2,797.37	3,117.81	3,269.32	3,336.97	3,412.56
Indemnización	15,311.28	30,617.15	52,686.99	77,284.98	103,078.30	129,405.30	156,328.73
Total reserva para prestaciones	55,424.76	70,719.89	110,511.91	141,733.87	170,659.07	198,384.36	226,870.50
CAPITAL							
Capital autorizado y pagado	500,000.00	500,000.00	500,000.00	500,000.00	500,000.00	500,000.00	500,000.00
Utilidades retenidas	-	1,313,454.15	2,994,497.78	5,110,130.39	7,438,658.08	10,008,707.70	12,891,516.78
Reserva legal	-	65,672.71	149,724.89	255,506.52	371,932.90	500,435.38	644,575.84
Total capital de acciones	500,000.00	1,879,126.86	3,644,222.67	5,865,636.91	8,310,590.98	11,009,143.08	14,036,092.62
TOTAL PASIVO Y CAPITAL	1,638,988.63	4,043,639.01	11,989,125.39	14,002,445.13	16,275,413.57	18,519,203.75	18,870,782.20

* Datos del Depto. de contabilidad de la empresa

Tabla 13. Flujo de efectivo base

FLUJO DE EFECTIVO 1. Base	Año 2009	Año 2010	Año 2011	Año 2012	Año 2013	Año 2014
Ingresos						
Cobros de la cartera	5,188,828.13	10,266,335.49	11,535,712.33	12,112,497.95	12,718,122.85	15,597,505.86
Préstamo bancario	6,562,673.75	-	-	-	-	-
Total ingresos	11,751,501.88	10,266,335.49	11,535,712.33	12,112,497.95	12,718,122.85	15,597,505.86
Egresos						
Pagos a proveedores internacionales	1,989,410.40	4,531,434.80	5,526,140.00	5,636,662.80	5,857,708.40	6,189,276.80
Abono a capital de préstamos bancarios	-	996,705.37	1,134,283.09	1,290,851.00	1,469,030.37	1,671,804.28
Gastos financieros e intereses	-	795,146.63	657,568.91	501,001.00	322,821.63	120,047.72
Pago de impuestos	890.00	43,301.00	43,301.00	43,301.00	43,301.00	43,301.00
Inversión de activos	6,559,218.62	-	-	-	-	-
Gastos de funcionamiento admón. y vta	167,642.68	231,084.08	231,084.08	231,084.08	231,084.08	231,084.08
Gastos de producción:						
mano de obra directa	107,370.90	191,048.99	198,145.84	218,489.41	227,572.19	237,723.00
mano de obra indirecta	153,122.05	184,560.85	220,490.91	220,490.91	220,490.91	220,490.91
gastos variables	17,900.00	19,235.00	19,235.00	19,235.00	19,235.00	19,235.00
gastos fijos	98,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00	3,000.00
gastos de internación	763,608.95	1,357,527.02	1,442,372.46	1,442,372.46	1,527,217.89	1,612,063.33
Impuesto S/la renta	590,102.59	755,251.48	950,501.61	1,046,150.12	1,154,659.98	1,295,175.10
Total egresos	10,447,266.18	9,108,295.23	10,426,122.91	10,652,637.79	11,076,121.46	11,643,201.23
Saldo flujo de caja del año (neto)	1,304,235.69	1,158,040.27	1,109,589.43	1,459,860.16	1,642,001.39	3,954,304.63
Saldo acumulado	1,304,235.69	2,462,275.96	3,571,865.38	5,031,725.55	6,673,726.94	10,628,031.57

Media vez obtenido, con los datos proveídos por el departamento de Contabilidad de la empresa, el flujo de efectivo, se puede calcular la rentabilidad del proyecto. Se calculó con los flujos de efectivo del 2010 al 2014. No se incluyó el 2009 dado a que dicho flujo no estaba influenciado por el proyecto cuya rentabilidad se quiere poner a prueba sino por el giro normal de la empresa. Para definir si el proyecto es rentable se utilizaron los indicadores del Valor Presente Neto (VPN) y la Tasa Interna de Retorno. (TIR) Para el escenario base se obtuvieron:

Tabla 14. Análisis VPN y TIR, escenario base

TMAR	12.0%					
Escenario 1. Base	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Inversión	(6,562,673.75)					
Flujos de Efectivo						
Proviniente de la operación	(6,562,673.75)	1,158,040.27	1,109,589.43	1,459,860.16	1,642,001.39	3,954,304.63
vpn	(Q317,751.49)					
tir	10.4%					

La Gerencia del conglomerado de empresas a la cual pertenece Black Bull Bikes estableció que la tasa mínima atractiva de retorno según la cual ellos juzgan si un proyecto les es rentable o no es de 12%. Por lo tanto, el escenario base planteado al implementar la nueva planta de ensamble no resulta rentable, pues tiene una tasa interna de retorno inferior al 12%, del 10.4%. El VPN obtenido es negativo, por lo que el proyecto, en el plazo analizado, no es rentable, pues tomaría más de 5 años recuperar la inversión en el proyecto. (ver Tabla 14. Análisis VPN y TIR, Escenario Base).

Para proyectar los resultados de la empresa en el futuro, se trabaja en base a la suposición que ciertos factores se mantendrán estables, o se comportarán según se ha predicho. Pero para concluir si la empresa debería realizar la inversión en la nueva planta de ensamble, se deben variar dichos factores que pueden afectar las proyecciones, y de esta manera proveer de flexibilidad al modelo.

Para el análisis de sensibilidad se consideran los siguientes factores:

- Ventas en Unidades en CA
- Precio de Venta sin IVA
- Tipo de Cambio
- Mano de Obra Directa
- Mano de Obra Indirecta
- Gastos de Internación
- ISR
- Gastos de Administración y Venta
- Precio FOB \$

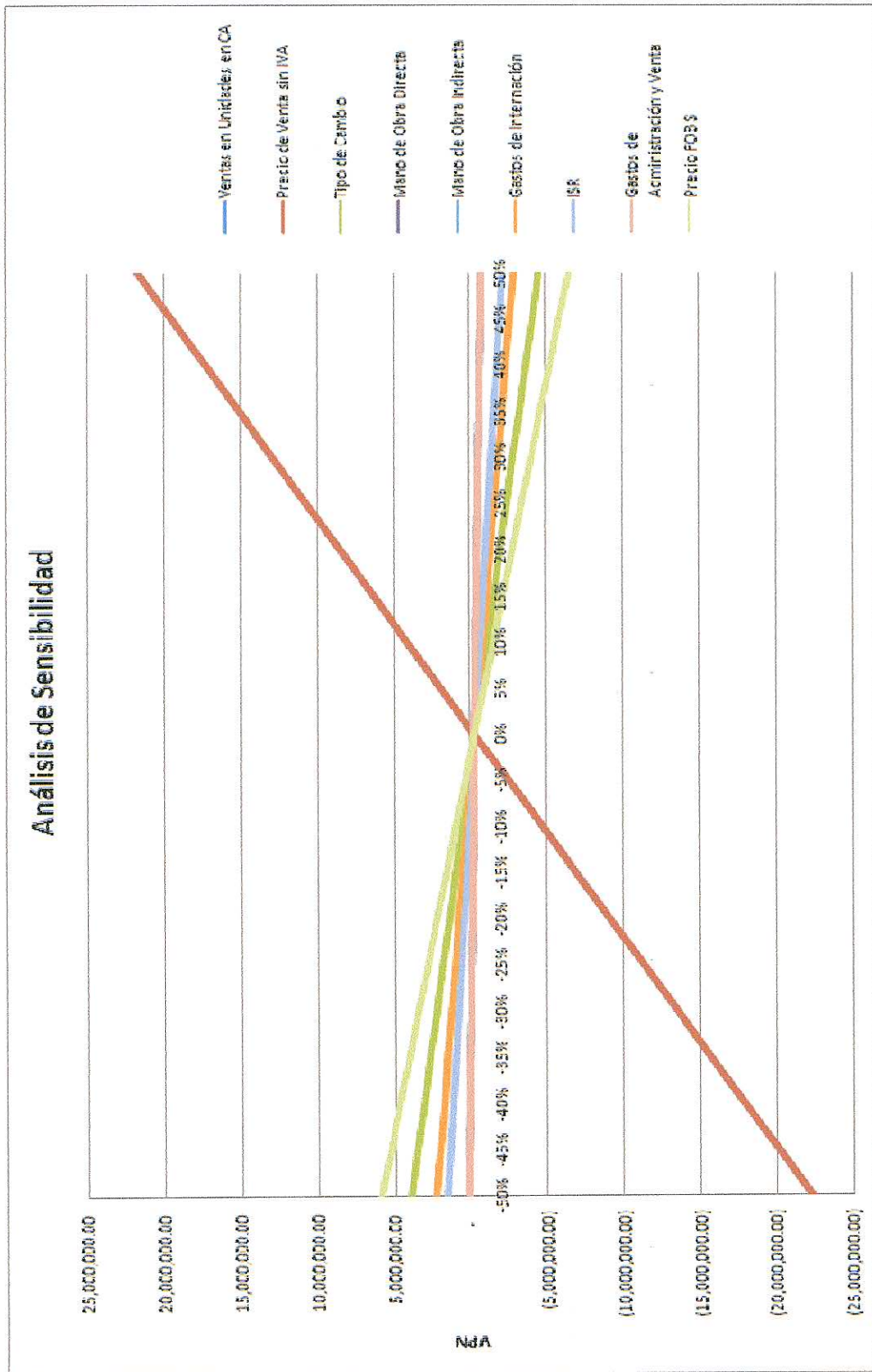
Dicho análisis se realizará *ceteris paribus*, para determinar el impacto directo de cada uno de los factores en el resultado del cálculo del Valor Presente Neto. La sensibilidad del VPN frente a los factores mencionados se presenta en la Tabla 15. Análisis de Sensibilidad entre el -50% y 50% de variación de los factores y Figura 18. Gráfica de Análisis de Sensibilidad.

Para ver el mismo análisis sobre la Tasa Interna de Retorno, ver XII. Apéndice K. Análisis de Sensibilidad TIR.

Tabla 15. Análisis de sensibilidad entre el -50% y 50% de variación de los factores

VPN	Ventas en unidades en CA	Precio de venta sin IVA	Tipo de cambio	Mano de obra directa	Mano de obra indirecta	Gastos de internación	ISR	Gastos de administración y venta	Precio FOB \$
-50%	(22,276,275.34)	(22,276,275.34)	3,907,912.96	64,035.12	63,618.50	2,319,190.02	1,504,958.09	98,751.71	5,913,945.58
-45%	(20,080,422.96)	(20,080,422.96)	3,485,346.52	25,856.46	25,481.50	2,055,495.87	1,322,687.13	57,101.39	5,290,775.88
-40%	(17,884,570.57)	(17,884,570.57)	3,062,780.07	(12,322.20)	(12,655.49)	1,791,801.72	1,140,416.17	15,451.07	4,667,606.17
-35%	(15,688,718.19)	(15,688,718.19)	2,640,213.63	(50,500.87)	(50,792.49)	1,528,107.57	958,145.22	(26,199.25)	4,044,436.46
-30%	(13,492,865.80)	(13,492,865.80)	2,217,647.18	(88,679.53)	(88,929.49)	1,264,413.42	775,874.26	(67,849.57)	3,421,266.76
-25%	(11,297,013.42)	(11,297,013.42)	1,795,080.74	(126,858.19)	(127,066.49)	1,000,719.27	593,603.30	(109,499.89)	2,798,097.05
-20%	(9,101,161.03)	(9,101,161.03)	1,372,514.29	(165,036.85)	(165,203.49)	737,025.12	411,332.34	(151,150.21)	2,174,927.34
-15%	(6,905,308.65)	(6,905,308.65)	949,947.85	(203,215.51)	(203,340.49)	473,330.96	229,061.38	(192,800.53)	1,551,757.63
-10%	(4,709,456.26)	(4,709,456.26)	527,381.40	(241,394.17)	(241,477.49)	209,636.81	46,790.43	(234,450.85)	928,587.93
-5%	(2,513,603.87)	(2,513,603.87)	104,814.96	(279,572.83)	(279,614.49)	(54,057.34)	(135,480.53)	(276,101.17)	305,418.22
0%	(317,751.49)	(317,751.49)	(317,751.49)	(317,751.49)	(317,751.49)	(317,751.49)	(317,751.49)	(317,751.49)	(317,751.49)
5%	1,878,100.90	1,878,100.90	(740,317.93)	(355,930.15)	(355,888.49)	(581,445.64)	(500,022.45)	(359,401.81)	(940,921.20)
10%	4,073,953.28	4,073,953.28	(1,162,884.38)	(394,108.81)	(394,025.49)	(845,139.79)	(682,293.40)	(401,052.13)	(1,564,090.90)
15%	6,269,805.67	6,269,805.67	(1,585,450.82)	(432,287.47)	(432,162.49)	(1,108,833.94)	(864,564.36)	(442,702.45)	(2,187,260.61)
20%	8,465,658.05	8,465,658.05	(2,008,017.27)	(470,466.13)	(470,299.49)	(1,372,528.09)	(1,046,835.32)	(484,352.77)	(2,810,430.32)
25%	10,661,510.44	10,661,510.44	(2,430,583.71)	(508,644.79)	(508,436.49)	(1,636,222.24)	(1,229,106.28)	(526,003.09)	(3,433,600.03)
30%	12,857,362.82	12,857,362.82	(2,853,150.16)	(546,823.45)	(546,573.48)	(1,899,916.39)	(1,411,377.24)	(567,653.41)	(4,056,769.73)
35%	15,053,215.21	15,053,215.21	(3,275,716.60)	(585,002.11)	(584,710.48)	(2,163,610.55)	(1,593,648.19)	(609,303.73)	(4,679,939.44)
40%	17,249,067.60	17,249,067.60	(3,698,283.05)	(623,180.77)	(622,847.48)	(2,427,304.70)	(1,775,919.15)	(650,954.05)	(5,303,109.15)
45%	19,444,919.98	19,444,919.98	(4,120,849.50)	(661,359.43)	(660,984.48)	(2,690,998.85)	(1,958,190.11)	(692,604.37)	(5,926,278.86)
50%	21,640,772.37	21,640,772.37	(4,543,415.94)	(699,538.09)	(699,121.48)	(2,954,693.00)	(2,140,461.07)	(734,254.69)	(6,549,448.56)

Figura 18. Gráfica de análisis de sensibilidad



Con la ayuda de la tabla y la gráfica del análisis de sensibilidad se puede concluir que el proyecto presenta mayor sensibilidad al Precio de Venta sin IVA y las Ventas unitarias. En menor cantidad, es también sensible al Tipo de Cambio, El Precio FOB en dólares, los gastos de internación y el ISR. Por último, es menos sensible a los gastos de administración y la mano de obra directa e indirecta.

Para que el proyecto sea rentable, debería modificarse uno de los siguientes factores en la cantidad indicada:

- El Precio de Venta sin IVA o las Ventas unitarias deberían aumentar en al menos 2%
- El Precio FOB en dólares debería disminuir en al menos 2.5%
- El tipo de cambio debería bajar un 3.5%
- Los gastos de internación deberían disminuir un 6%
- El ISR debería bajar 9% (lo cual es poco probable)
- Recortar los Gastos de Administración y Venta, o la MOD o la MOI en aprox. 43%

Al comparar los resultados del análisis se puede observar que el peor escenario se da en caso que el precio FOB en \$ cotizado por el proveedor se aumente en un 50%, o que las ventas o el precio se reduzcan en un porcentaje similar.

IX. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De los diagramas, análisis e investigaciones realizadas sobre la empresa Black Bull Bikes, se pueden obtener las conclusiones que se presentan a continuación. Para mejorar su sistema de producción actual, y para tomar las decisiones acerca del sistema mejorado de producción que se propone en este trabajo de graduación, se presentan también algunas recomendaciones a Black Bull Bikes.

A. CONCLUSIONES:

- Black Bull Bikes cuenta con el 6% de participación del mercado Guatemalteco en importación de bicicletas.
- El tiempo necesario para armar una bicicleta completa, con el sistema actual, es de 76.64 minutos. Teniendo los sub ensambles ya armados (timón, llantas y tenedor), el tiempo necesario es de 27.78 minutos.
- No se puede alcanzar, realizando mejoras al sistema actual, la meta del 25% de ahorro en el tiempo del ensamble.
- El ahorro máximo que se puede obtener al implementar mejoras en el sistema actual de ensamble es de 14.39 %, equivalente a 11.03 minutos.
- No es posible, con el sistema actual de ensamble, anticipar la producción en los meses de enero a septiembre, para evitar las horas extras de octubre a diciembre, durante los cuales se triplica la demanda.
- Durante la realización de este trabajo de graduación se lograron implementar las mejoras de: abrir una puerta entre ambas bodegas, comprar un desarmador automático, capacitar a los operarios para que no realicen movimientos innecesarios, instalar una pistola neumática, cambiar la posición de las sillas para enllantado e instalar ventiladores.
- La planta nueva, incluyendo la inversión en maquinaria y mobiliario, el terreno y la infraestructura, tendría un costo total de Q 6.56 millones.

- La TIR del proyecto es de 10.4%, menor que la TMAR del 12% de la empresa, por lo que el proyecto no es rentable según los parámetros propuestos y los flujos proyectados. El VPN es de Q.-317,751.49, por lo que tardaría más de los 5 años previstos para recuperar la inversión de la planta mecanizada.
- Para que el proyecto sea rentable, uno de los siguientes factores se tendría que modificar en la cantidad indicada:
 - El Precio de Venta sin IVA ó las Ventas unitarias deberían aumentar en al menos 2%
 - El Precio FOB en \$ del proveedor debería disminuir en al menos 2.5%
 - El tipo de cambio debería bajar un 3.5%
 - Los gastos de internación deberían disminuir un 6%
 - El ISR debería bajar 9%
 - Recortar los Gastos de Administración y Venta, ó la MOD ó la MOI en aprox. 43%

B. RECOMENDACIONES A CORTO PLAZO:

- Se recomienda que se terminen de implementar las mejoras propuestas a través del análisis crítico (Carretilla para transporte de material, elevar las superficies de trabajo en enllantado, comprar un juego de herramientas para cada operario e instalar tapetes anti fatiga), pues contribuyen a lograr la disminución en el tiempo de producción y a aumentar el nivel de satisfacción de los operarios.
- Para disminuir costos a finales de año, se puede anticipar la producción en los meses de enero a septiembre en un 28.8% mediante las mejoras implementadas. El restante 71.2% de la producción extraordinaria por fin de año puede prepararse en horas extras durante octubre y noviembre.

- Como recomendación, se debería repetir el análisis financiero y de sensibilidad para incluir mayor cantidad de variables, y acercar al modelo más a la realidad. Por ejemplo, se debería analizar la rentabilidad del proyecto al negociar con el Banco u otras fuentes de financiamiento menores tasas de interés que el 13%, para determinar si dicha negociación vuelve el VPN positivo.
- Otra variante importante a estudiar en un futuro análisis de sensibilidad es si utilizando el flujo de efectivo positivo acumulado para abonar a capital se logran bajar los costos financieros lo suficiente para que obtener la rentabilidad deseada.

C. RECOMENDACIONES A LARGO PLAZO:

- La producción anual actual con sistema artesanal (de 9,000 bicicletas anuales) es excedida por la del sistema mecanizado con una línea de producción en un 343% (31,000 bicicletas anuales).
- En caso fuera necesario un aumento parcial en la producción antes, se recomienda invertir en algunas máquinas únicamente, sin necesidad de la inversión en la planta completa. Dado que el cuello de botella, según lo observado, resultan ser las operaciones de armado de llantas, las máquinas que se recomienda adquirir son M1A, M1B y M1C, y la línea de ensamble M5.
- Se recomienda analizar, en un futuro nuevamente, la demanda potencial, para decidir sobre la rentabilidad de la propuesta de la planta automatizada, o analizar un horizonte de planeación más lejano, por ejemplo a 10 años.

X. BIBLIOGRAFÍA

1. Banco de Guatemala. 2009. *Comercio Exterior de Guatemala por Inciso Arancelario del SAC a 8 dígitos*. Importaciones Realizadas. Departamento de Estadísticas Económicas. http://www.banguat.gob.gt/estaeco/ceie/hist/pdfs/2008/CG/origen/kf-51_2008.pdf
2. Chase, Richard B., et al. 2005. *Administración de la Producción y Operaciones, para una ventaja competitiva*. 10ª Edición. Traducción por Yescas, Sacristán, y Meza. McGraw Hill..
3. Dardón, Licda. Patricia. Departamento de Contabilidad. Agrocentro, S.A. Entrevista Personal. Octubre 2009.
4. Erwin, Walter. 1991. *Modular Arrangement of Predetermined Time Standards*. International MODAPTS Association Inc.
5. Evans, Jamers R.; Lindsay, William M. 2008. *Administración y Control de La Calidad, Servicio al cliente*. 7ª Edición. Traducción por Sánchez Fragoso, Francisco. CENGAGE Learning.
6. Freeman-Bell, Gail; Balkwill, James. 1993. *Management in Engineering, Principles and Practice*. Prentice Hall.
7. Krajewski, Lee, et al. 2008. *Administración de operaciones*. 8ª edición. Traducción por Carril Villareal, María del Pilar. Pearson, Prentice Hall.
8. Niebel, Benjamin W; Freivalds, Andris. 2004. *Ingeniería Industrial, Métodos, Estándares, y Diseño del Trabajo*. 11ª edición. Editorial Alfaomega.
9. Pérez P., Jose Rodolfo. Gerente General. Agrocentro, S.A. Entrevista Personal. Octubre 2009.
10. *Planta de Bicicletas "Sandtripping"*. 2009. Ingeniería de Plantas. Trabajo realizado por Ardón, et al. bajo la supervisión del Catedrático Ing. Rodolfo Herмосilla. Universidad del Valle de Guatemala.
11. Publicar. 2009. *Home, Comercio Minorista, Artículos y Equipo Deportivo, Bicicletas*. <http://www.paginasamarillas.com/pagamanet/procesos/empresaCategoriaMB.aspx?idi=1&ipa=3&npa=Guatemala&ica=794>
12. Robbins, Stephen P.; Coulter, Mary. 2005. *Administración*. 8ª Edición. Traducción por Dávila y Sánchez Carrión. Pearson Educación. Prentice Hall.
13. Rosillo, Carlos; Huang, Joy. Shuztung Machinery, Co. LTD. Sales Department. Taichung Hsien, Taiwan.
14. UNdata, A world of information. *United Nations Statistics Division*. 2009. <http://data.un.org/Data.aspx?q=bicycle&d=ComTrade&f=l1Code%3a87%3bcmdCode%3a87120>

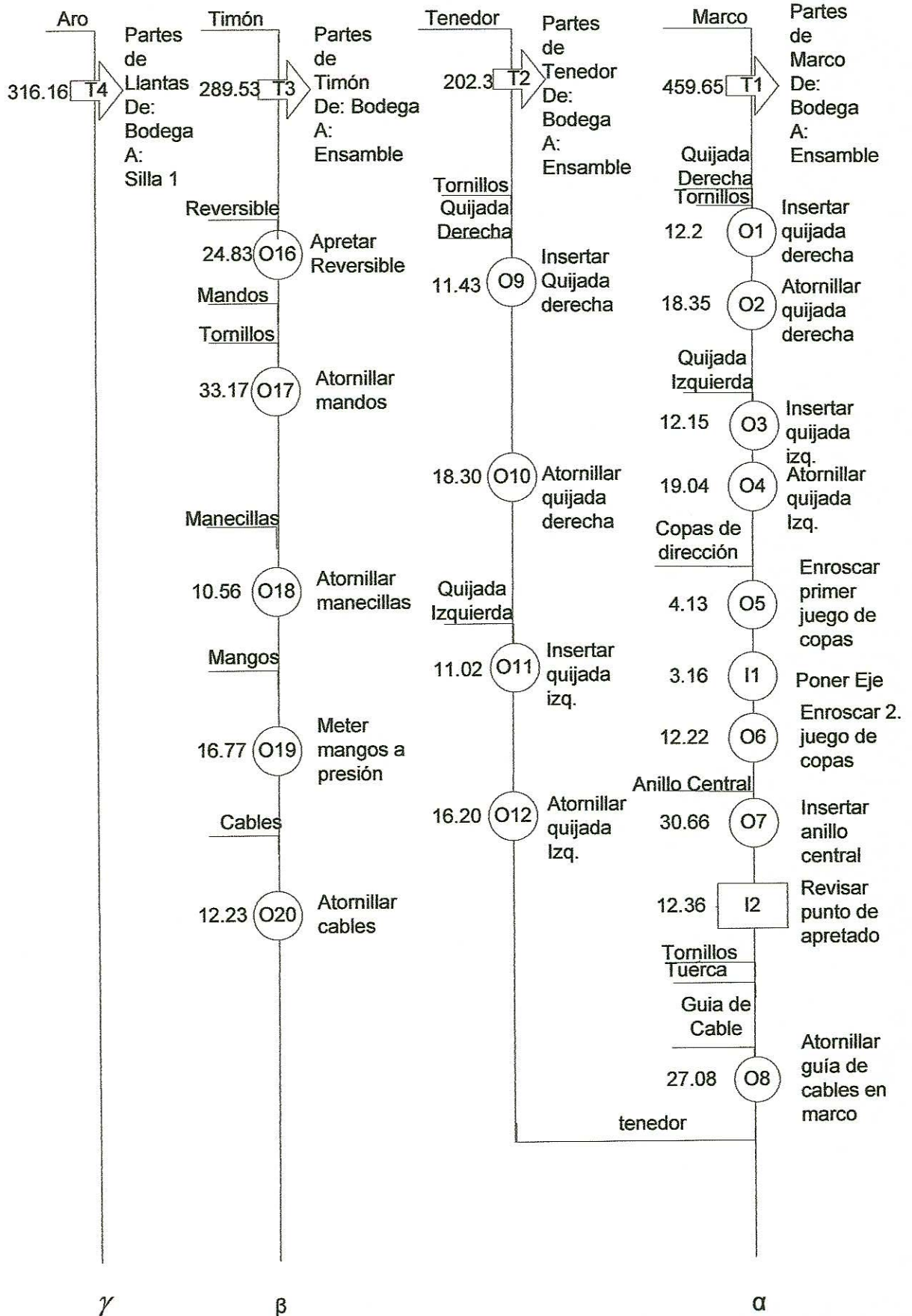
XI. GLOSARIO

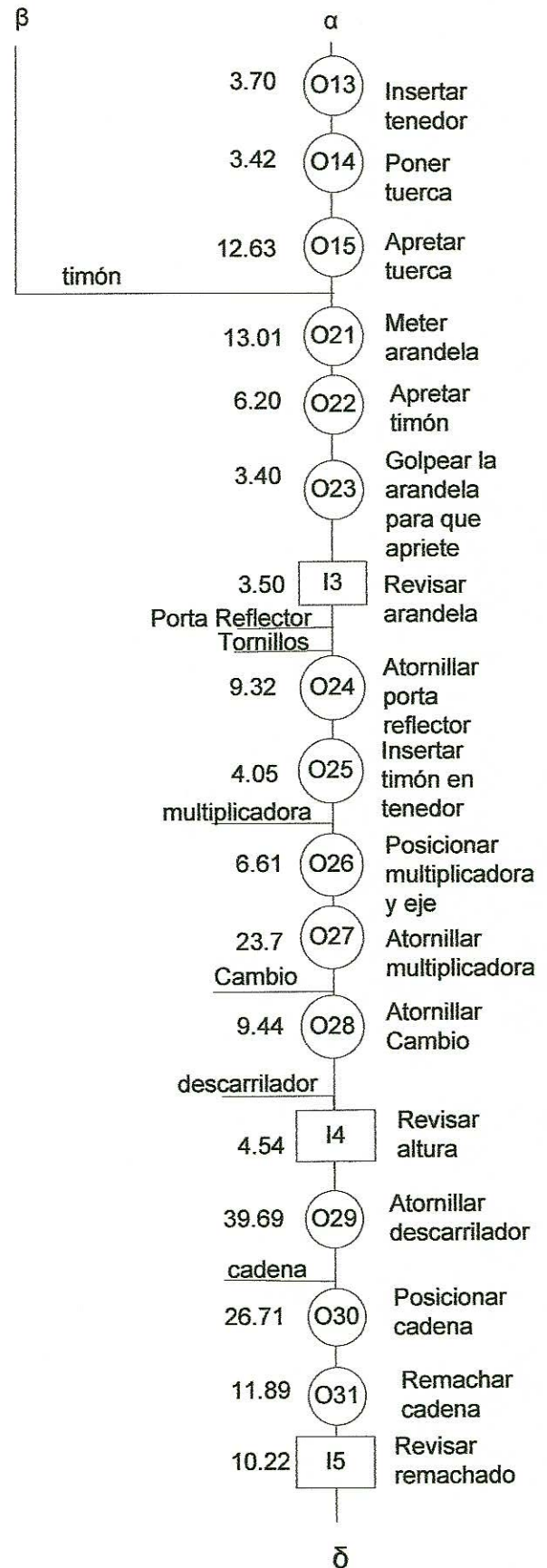
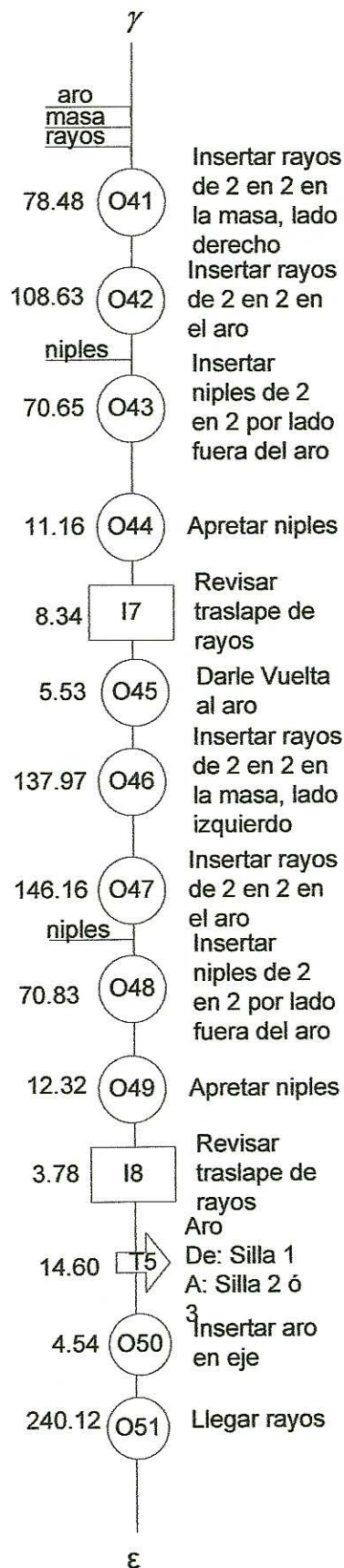
1. Apretar rayos: roscar el niple hasta que presente resistencia, no terminar de apretar
2. Cambio trasero: palanca que hace saltar la cadena de un disco de velocidades a otro (en la parte trasera de la bicicleta)
3. Copas de dirección: arandelas en el timón
4. Descarrilador: palanca que hace saltar la cadena de la multiplicadora (en la parte delantera de la bicicleta)
5. Graduación de frenos: ajustar los dos topes de los frenos, enderezar las gomas y ajustar los cables para generar presión.
6. Graduación de velocidades: ajustar los topes, el cable y las mariposas para tensar en el nivel adecuado.
7. Guía de cable: cable plástico negro vacío, dentro del cual se inserta el cable de frenos para protegerlo.
8. Llevar rayos: apretar levemente el niple para fijar el rayo, únicamente para definir su posición
9. Mandos: palancas de velocidades instaladas en el timón
10. Manecillas: palancas para frenos instaladas en el timón
11. Mangos: agarraderas plásticas para posicionar las manos sobre el timón
12. Masa: eje del aro de la llanta
13. Multiplicadora: disco y bielas que sostienen a los pedales
14. Nivelar rayos: revisar apretado de niple, para ver si necesita apretar más o aflojar un poco hasta que quede recto el aro.
15. Pata: sostén para parar la bicicleta
16. Protector de aro: cincho que va entre el aro y la llanta para proteger que la llanta no se pinche si se atraviesa un rayo por el aro.
17. Quijadas: estructura para los frenos que presionan la llanta al accionarse

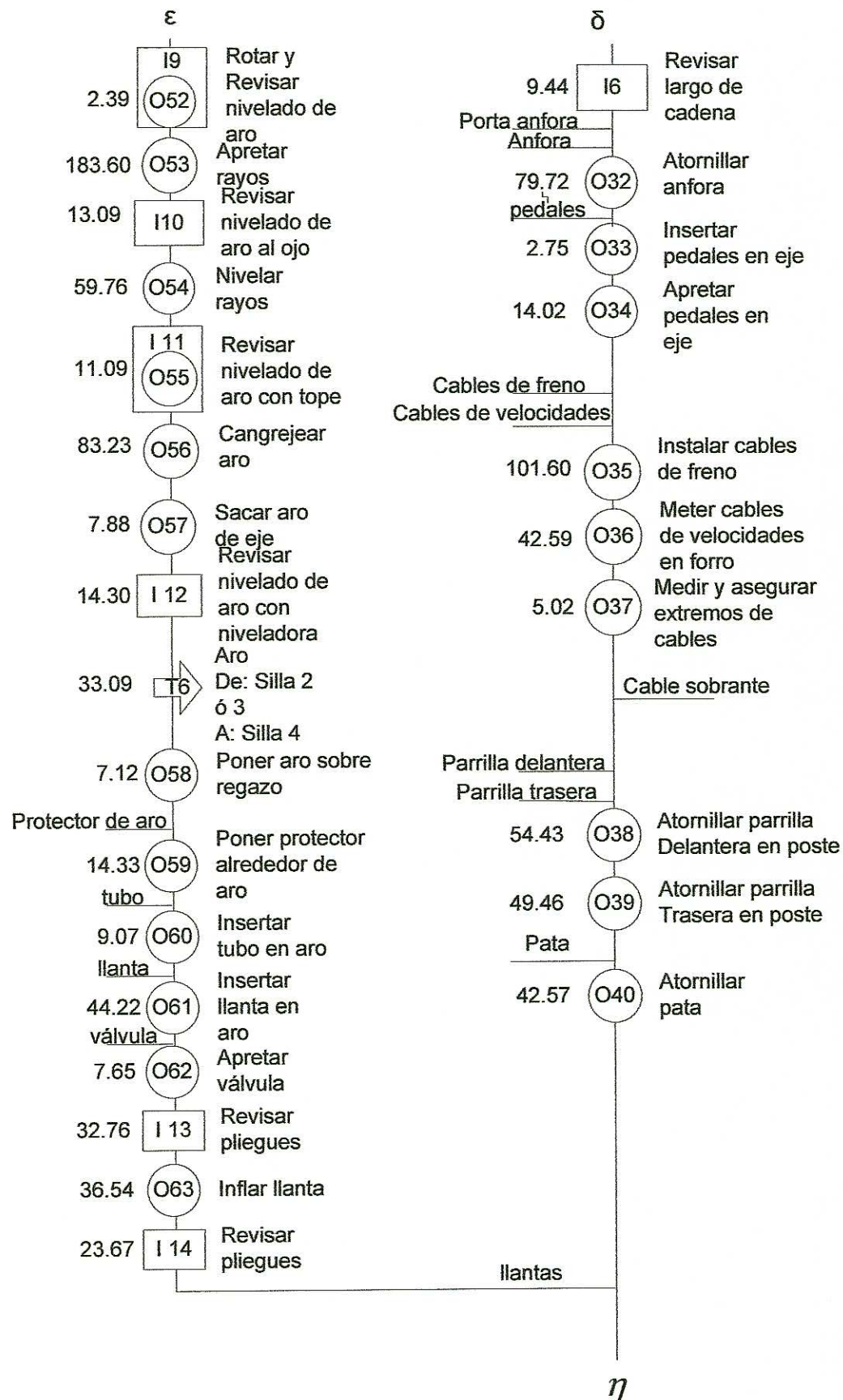
XII. APÉNDICE

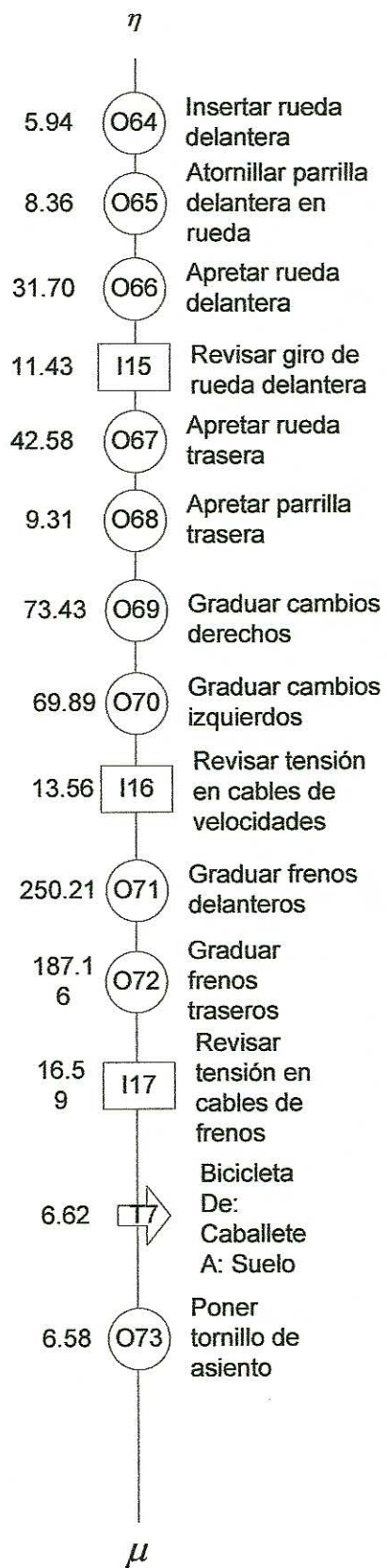
- A. DOP detallado
- B. Análisis crítico
- C. Diagramas bimanuales
- D. Tiempos estándar
- E. DOP Mejorado
- F. Diagrama de recorrido mejorado
- G. Planos de la planta propuesta
- H. Vistas 3D de la planta propuesta
- I. Fotos del lugar de trabajo
- J. Cotizaciones
- K. Análisis de Sensibilidad TIR

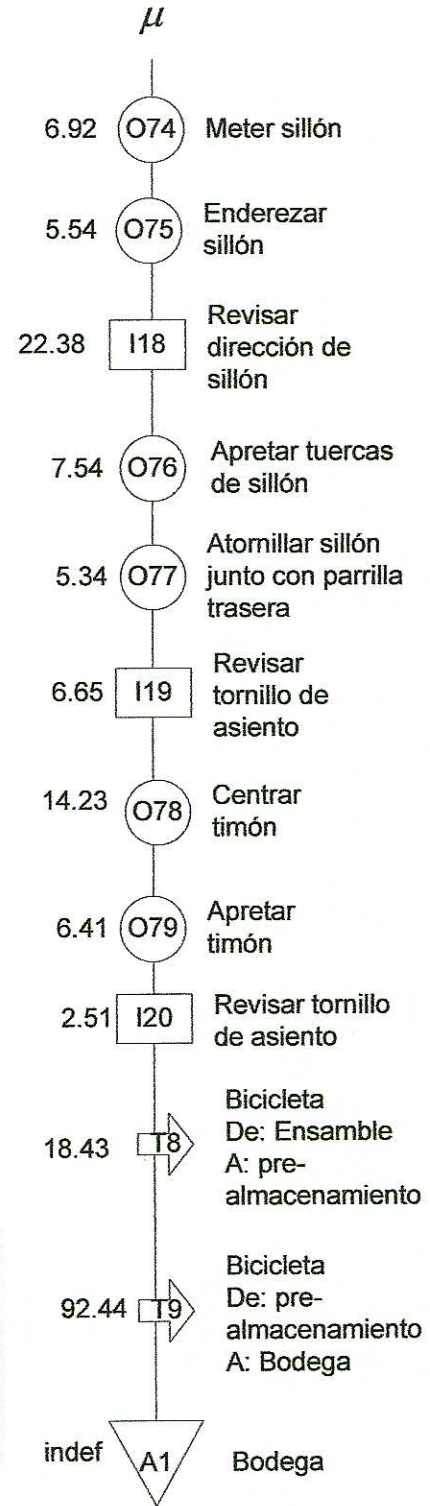
XI.A. DOP Detallado











Resumen DOP DETALLADO		
Evento	Número	Tiempo en segundos
Operaciones	79	2942.25
Transportes	9	1432.82
Inspecciones	20	223.41
Almacenamiento	1	-

XII. B. Análisis crítico

Actividad: Transportes T1, T2, T3 De Bodega a Ensamble

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Se transportan las partes del tenedor, timón y marcos por separado, desde el área de bodega al ensamble.	-
2	¿Dónde?	Se toman las partes de la bodega y se llevan al ensamble, a través del patio.	Dichas partes, al implementar el uso de una carretilla, pueden ser llevadas directo al ensamble a través de la bodega.
3	¿Cuándo?	Se realiza antes de comenzar toda operación de ensamble de llantas.	Se pueden llevar todas las partes juntas, en vez de primero las partes de las llantas y luego el resto.
4	¿Quién?	El operario encargado de preparar material.	-
5	¿Cómo?	Las partes, por separado, se cargan en una cubeta plástica y el operario debe salir de la bodega e ingresar al área de ensamble, pasando por el lado de afuera.	Se montan las partes en una carretilla para evitar la fatiga del operario y reducir el número de viajes que debe hacer.

Conclusiones y observaciones:

Se recomienda la implementación de una carretilla, la cual disminuye la carga del operario y el tiempo de traslado. Adicionalmente se recomienda abrir una puerta que conecte ambas bodegas, para disminuir la distancia recorrida. La misma es tan grande actualmente, no sólo porque el operario debe salir de una bodega y entrar por la otra, sino también porque las puertas abren hacia afuera, aumentando la vuelta fuera de las bodegas que debe recorrer el operario cargando las partes.

Decisión:	Modificar <input checked="" type="checkbox"/>	Eliminar <input type="checkbox"/>
Duración actual en segundos :	951.48	
Duración al implementar mejora en segundos :	624.48	
Ahorro en tiempo en segundos :	327	

Análisis crítico

Actividad: Transporte T4, De Bodega a Silla 1

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Se transportan los aros metálicos, rayos, niples, protector de lanta, llanta, y válvula para las llantas de las bicicletas de la bodega hacia el ensamble.	-
2	¿Dónde?	Las partes de las llantas se toman de la bodega de almacenamiento, y luego se llevan hasta la bodega de ensamble, a la silla 1.	-
3	¿Cuándo?	Se realiza como primer paso, antes de comenzar tanto con la producción como con el transporte de las siguientes partes.	Se pueden llevar los aros junto con otras partes.
4	¿Quién?	El operario encargado de preparar material.	-
5	¿Cómo?	Los aros se cargan en los brazos del operario y debe salir de la bodega e ingresar al área de ensamble, pasando por el lado de afuera.	Se montan los aros y otras partes en una carretilla para evitar la fatiga del operario y reducir el número de viajes que debe hacer, y se conduce la carretilla a través de una puerta que conecta las dos bodegas, no a través del patio.

Conclusiones y observaciones:

Al llevar las partes juntas en la carretilla, se disminuiría la cantidad de viajes que el operario debe realizar entre la bodega de almacenamiento y la de ensamble, pues en ella cabrían más partes. También reduciría la fatiga del trabajador, que ocurre no sólo de la cantidad de viajes que debe hacer para llevar cada parte, sino del peso que debe cargar con los brazos, que puede causarle desórdenes por trauma acumulado, en el área de la espalda baja. Al abrir una puerta entre las dos bodegas, se reduce la distancia y con ello el tiempo de recorrido.

Decisión:	Modificar <input checked="" type="checkbox"/>	Eliminar <input type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	316.16	
Duración al implementar mejora en segundos:	207.16	
Ahorro en tiempo en segundos:	109	

Análisis crítico

Actividad: Inspección I2, Revisar punto de apretado

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Se revisa con los dedos el apretado de el anillo central insertado en el tubo del marco.	-
2	¿Dónde?	En el caballete respectivo.	-
3	¿Cuándo?	Después de instertar el anillo central, antes de continuar con las guías.	-
4	¿Quién?	El operario de ensamble.	-
5	¿Cómo?	El operario aprieta con sus dedos el rededor del anillo y lo intenta mover hacia un lado y hacia otro, repetidas veces (promedio de tres).	El operario debe apretar con los dedos el anillo e intentar rotarlo únicamente hacia la derecha, para revisar si está bien apretado, únicamente una vez.

Conclusiones y observaciones:

Existe la cultura de exagerar en las inspecciones. Se recomienda crear conciencia en los operarios de inspeccionar lo mínimo necesario, utilizando la menor cantidad de movimientos necesarios.

Decisión:	Modificar <input checked="" type="checkbox"/>	Eliminar <input type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	12.36	
Duración al implementar mejora en segundos:	4.12	
Ahorro en tiempo en segundos:	8.24	

Análisis crítico

Actividad: Operación O8, Atornillos guía de cables en marco

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Se toma la guía de cable plástica, un tornillo y un desarmador manual, y se atornilla en el agujero que le corresponde sobre el marco.	-
2	¿Dónde?	En el caballete respectivo.	-
3	¿Cuándo?	Después de insertar el anillo central, pero antes de proceder con instalar los cables de velocidades y frenos.	-
4	¿Quién?	El operario de ensamble.	-
5	¿Cómo?	El operario debe posicionar cuidadosamente la guía para que coincida el agujero, insertar el tornillo y girar repetidamente su mano con el desarmador manual.	El operario debe posicionar cuidadosamente la guía para que coincida el agujero, insertar el tornillo, colocar el desarmador automático y presionar el botón para atornillar

Conclusiones y observaciones:

Existen desarmadores de tamaños convenientes, automáticos, recargables y portátiles a costos accesibles. Con ellos se puede tanto ahorrar tiempo como proteger al operario de lesiones musculares por movimientos repetitivos.

Decisión:	Modificar <input checked="" type="checkbox"/>	Eliminar <input type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	27.8	
Duración al implementar mejora en segundos:	16.3	
Ahorro en tiempo en segundos:	11.5	

Análisis crítico

Actividad: Operación O19, Meter Mangos a presión

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Los mangos plásticos se sujetan con una sola mano, mientras la otra mano sujeta el timón, y se insertan a presión.	-
2	¿Dónde?	En el caballete.	-
3	¿Cuándo?	Después de haber atornillado las manecillas y los mandos en el timón.	-
4	¿Quién?	El operario de ensamble.	-
5	¿Cómo?	El operario sujeta el mango con una mano, lo inserta a presión hasta que topa, y luego con la misma mano da un golpe al mango para terminar de insertarlo.	El operario sujeta el mango con una mano, lo inserta a presión hasta que topa.

Conclusiones y observaciones:

Al encontrarse ya instalado el mango y el mismo ha topado hasta quedar en su lugar, la acción de volverlo a golpear con la mano es innecesaria.

Decisión:	Modificar <input checked="" type="checkbox"/>	Eliminar <input type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	16.77	
Duración al implementar mejora en segundos:	12.77	
Ahorro en tiempo en segundos:	4	

Análisis crítico

Actividad: Operación O22, Golpear la arandela para que apriete

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Para que el timón quede apretado lo suficiente, se inserta una arandela para que no se afloje.	Eliminar.
2	¿Dónde?	En el caballete.	Eliminar.
3	¿Cuándo?	Antes de apretar el timón.	Eliminar.
4	¿Quién?	El operario de ensamble.	Eliminar.
5	¿Cómo?	El operario posiciona la arandela en su lugar, luego la golpea con un martillo u otra herramienta dura para que baje hasta su posición.	Eliminar.

Conclusiones y observaciones:

Dicha actividad se puede eliminar, dado que la procede la acción de apretar el timón. Al hacer esto, la arandela automáticamente baja a su lugar, sin necesidad de ser golpeada, debido a la presión ejercida sobre ella.

Decisión:	Modificar <input type="checkbox"/>	Eliminar <input checked="" type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	6.2	
Duración al implementar mejora en segundos:	0	
Ahorro en tiempo en segundos:	6.2	

Análisis crítico

Actividad: Inspección I3, Revisar arandela

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Se revisa que la arandela esté en posición correcta, y que no hayan espacios entre ella y las piezas contiguas.	Eliminar.
2	¿Dónde?	En el caballete.	Eliminar.
3	¿Cuándo?	Después de haber golpeado la arandela y apretado el timón.	Eliminar.
4	¿Quién?	El operario de ensamble.	Eliminar.
5	¿Cómo?	El operario posiciona su cabeza al nivel de la arandela y gira la bicicleta para revisar que la arandela esté tocando totalmente las otras piezas.	Eliminar.

Conclusiones y observaciones:

Al haber apretado el timón hasta el tope, la arandela llega a su lugar, y no es necesario revisarla.

Decisión:	Modificar <input type="checkbox"/>	Eliminar <input checked="" type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	3.5	
Duración al implementar mejora en segundos:	0	
Ahorro en tiempo en segundos:	3.5	

Análisis crítico

Actividad: Inspección I5, Revisar Remachado

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Se revisa que los eslabones de la cadena, en el lugar en que se unieron para cerrar la misma, estén firmes.	Eliminar.
2	¿Dónde?	En el caballete.	Eliminar.
3	¿Cuándo?	Después de haber colocado la cadema y de haberla remachado para cerrar los eslabones.	Eliminar.
4	¿Quién?	El operario de ensamble.	Eliminar.
5	¿Cómo?	Se revisa primero con la vista que estén alineados los eslabones y luego se desliza el dedo sobre los mismos para verificar que estén en su lugar.	Eliminar.

Conclusiones y observaciones:

Dado que la siguiente actividad consta también de una revisión, la del largo de cadena, esta inspección puede eliminarse e incluirse en la siguiente, la I6.

Decisión:	Modificar <input type="checkbox"/>	Eliminar <input checked="" type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	10.22	
Duración al implementar mejora en segundos:	0	
Ahorro en tiempo en segundos:	10.22	

Análisis crítico

Actividad: Operación O44 y O49, Apretar Niples

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Luego de haber insertado los nipples, se enroscan un promedio de 5 a 6 veces para asegurar su posición.	Pueden enroscarse únicamente 1 ó 2 veces, para asegurar su posición, y dejar que en la siguiente silla, de nivelado, se terminen de apretar, operación que de todas maneras se realiza.
2	¿Dónde?	En la silla de trabajo 1, sobre las piernas de operario.	-
3	¿Cuándo?	Después de haber insertado cada uno de los rayos en el aro, tanto del lado derecho como izquierdo.	-
4	¿Quién?	El operario encargado de enrayar.	-
5	¿Cómo?	El operario debe levantarse de la silla en la mayoría de los casos para alcanzar el aro.	El operario debe enroscar una o dos veces el nipple, sin necesidad de apretarlo.

Conclusiones y observaciones:

Esta operación se repite en las sillas de trabajo # 2 y #3. Se debe eliminar entonces esta secuencia, pues sólo se aprieta un poco y se terminará de apretar con la tensión justa en la siguiente área de trabajo.

Decisión:	Modificar <input checked="" type="checkbox"/>	Eliminar <input type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	23.48	
Duración al implementar mejora en segundos:	13.48	
Ahorro en tiempo en segundos:	10	

Análisis crítico

Actividad: Inspecciones 17, 18, revisar traslape de rayos

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Luego de haber apretado los nipples, se levanta el aro para revisar que estén correctamente traslapados los rayos.	Eliminar.
2	¿Dónde?	En la silla de trabajo 1, sobre las piernas de operario.	Eliminar.
3	¿Cuándo?	Después de haber insertado cada uno de los rayos en el aro, y apretado todos los nipples.	Eliminar.
4	¿Quién?	El operario encargado de enrayar.	Eliminar.
5	¿Cómo?	El operario levanta el aro y le da vuelta en el arie varias veces.	Eliminar.

Conclusiones y observaciones:

Se puede obviar esta operación, aún cuando sea de corta duración. La razón es que no hay posibilidad de que, si se colocaron la cantidad correcta de rayos en cada lado, puedan estar mal traslapados. Eso se debe a la cantidad de hoyos que tiene tanto la masa como el aro, y a la posición de los rayos que permite su largo.

Decisión:	Modificar <input type="checkbox"/>	Eliminar <input checked="" type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	12.12	
Duración al implementar mejora en segundos:	0	
Ahorro en tiempo en segundos:	12.12	

Análisis crítico

Actividad: Transportes T5 y T6, aro de Silla 1 a Silla 2 ó 3, y de Silla 2 ó 3 a Silla 4

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	El aro, luego de ser enrayado y apretados los nipples, se saca de la silla 1 y se pone en el suelo, al lado derecho de la silla 2.	Poner el aro sobre una mesa entre ambas sillas, para que el operario no deba agacharse para alcanzar los aros.
2	¿Dónde?	En el área de ensamble, entre la silla 1 y la 2, pero más cerca de la primera.	Siempre entre las sillas 1 y 2, pero a una distancia tal que quede lo más cerca posible de la silla 2.
3	¿Cuándo?	Se realiza después haber enrayado el aro, tanto del lado derecho como izquierdo, y haber apretado los nipples, antes de nivelarlo.	-
4	¿Quién?	El operario encargado de enrayar.	-
5	¿Cómo?	Las partes, por separado, se cargan en los brazos del operario y son transportadas, en bultos de menor cantidad, hacia en ensamble.	Redistribuir las sillas de tal manera que ningún operario se deba levantar, ni para dejar el material al terminar, ni para alcanzarlo en la siguiente operación.

Conclusiones y observaciones:

Se deben reordenar las sillas para que la distancia entre las mismas sea suficiente para almacenar el material entre operaciones, pero a la vez quede a una distancia adecuadamente corta para que los operarios puedan alcanzar el material sin dificultad. Se recomienda también la implementación de mesas para que los operarios no se agachen.

Decisión:	Modificar <input checked="" type="checkbox"/>	Eliminar <input type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	47.69	
Duración al implementar mejora en segundos:	15.29	
Ahorro en tiempo en segundos:	32.4	

Análisis crítico

Actividad: Operación O51, Llegar Rayos

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Al estar insertado el aro en el eje, se comienzan a apretar uno por uno los nipples, con la atenaya (herramienta manual)	Apretar los nipples con una pistola neumática alimentada por el compresor.
2	¿Dónde?	En la silla 2 ó 3, puesto en un eje horizontal.	-
3	¿Cuándo?	Después de haber sido enrayado el aro, antes de nivelar.	-
4	¿Quién?	El operario encargado de nivelar.	-
5	¿Cómo?	El operario posiciona sus manos una en cada lado del aro y toma, con la derecha, la atenaya. A continuación, le da vueltas con ambas manos, y prosigue con el siguiente rayo.	El operario toma el aro con la mano izquierda, insertando los dedos entre los rayos, y con la mano derecha posiciona la pistola sobre el nipple y presiona el gatillo como que estuviera barrenando.

Conclusiones y observaciones:

Al ser la primera vez que se aprietan los nipples, no es necesaria tanta precisión, por lo que se recomienda implementar una pistola neumática alimentada por el compresor industrial que actualmente se utiliza para inflar llantas. Con ello se reducen los movimientos repetitivos de las manos para apretar los nipples.

Decisión:	Modificar <input checked="" type="checkbox"/>	Eliminar <input type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	240.12	
Duración al implementar mejora en segundos:	144	
Ahorro en tiempo en segundos:	96.12	

Análisis crítico

Actividad: Inspección I10, revisar nivelado de aro al ojo

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Luego de haber apretado los rayos, gira el aro varias veces para determinar hacia ¿Qué? lado se pandea el aro.	Insertar en el eje la niveladora, siendo ésta un instrumento más confiable que el ojo humano para determinar que el aro esté centrado.
2	¿Dónde?	En la silla de trabajo 2, con el aro en el eje.	-
3	¿Cuándo?	Después de haber apretado los rayos anualmente con la atenaya. Antes de nivelar con la niveladora.	-
4	¿Quién?	El operario encargado de enrayar.	-
5	¿Cómo?	El operario gira el aro en el eje con cuidado de no mover el cuerpo ni la vista para determinar si el aro se pandea.	Utilizar la niveladora.

Conclusiones y observaciones:

La vista humana es muy sensible a cualquier movimiento, por lo que no es del todo confiable. Se recomienda utilizar la niveladora.

Decisión:	Modificar <input type="checkbox"/>	Eliminar <input checked="" type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	13.09	
Duración al implementar mejora en segundos:	0	
Ahorro en tiempo en segundos:	13.09	

Análisis crítico

Actividad: Operación O56, Cangrejear aro

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Se toma un cangrejo con la abertura del tamaño justo del grueso del aro y rotando el aro se empujan las paredes del aro hacia adentro o hacia afuera, para terminar de nivelar el aro.	Eliminar.
2	¿Dónde?	En la silla de trabajo 2, con el aro insertado en el eje.	Eliminar.
3	¿Cuándo?	Después de haber apretado manualmente con la atenaya los rayos y de haber revisado la nivelación con el tope.	Eliminar.
4	¿Quién?	El operario encargado de enrayar.	Eliminar.
5	¿Cómo?	Rotando el aro, el enrayador revisa con el tope si el aro todavía no está nivelado. Luego inserta el cangrejo en los bordes del aro para sacarlos o empujarlos hacia adentro.	Eliminar.

Conclusiones y observaciones:

Esta operación se realiza cuando el operario determina que luego de haber apretado todos los rayos, y de haber nivelado, el aro aún se encuentra torcido. Dado que no se logra enderezarlo ya apretando más los rayos, pues los mismos se sobarían o romperían los nipples, se opta por cangrejear para balancear el aro. Debe solicitarse al proveedor un aro de mejor calidad, de más grosor, o de doble traslape para eliminar esta operación, que se origina por la mala calidad del aro metálico.

Decisión:	Modificar <input type="checkbox"/>	Eliminar <input type="checkbox"/>
Duración actual en segundos :	83.23	
Duración al implementar mejora en segundos :	83.23	
Ahorro en tiempo en segundos :	0	

Análisis crítico

Actividad: Transporte T9, Bicicleta de: Prealmacenamiento a: Bodega

	Preguntas	Análisis	Mejoras propuestas
1	¿Qué?	Se traslada la bicicleta ya armada, rodada a través del área de ensamble, hacia el patio, y luego hacia adentro de la bodega de almacenamiento.	Se traslada la bicicleta rodada a través de la puerta que une ambas áreas.
2	¿Dónde?	Del área de ensamble hacia la bodega, por el lado de afuera.	Del área de ensamble hacia la bodega, a través de la puerta que une ambas áreas.
3	¿Cuándo?	Al terminar de ensamblar todas las partes de la bicicleta.	-
4	¿Quién?	El operario encargado de preparar material.	-
5	¿Cómo?	Tomando la bicicleta por el timón, empujándola para que ruede.	-

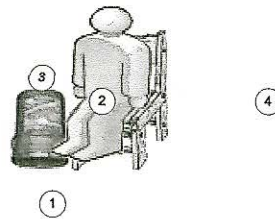
Conclusiones y observaciones:

Al poder pasar de la bodega al área de ensamble y viceversa a través de una puerta en vez del patio, se reduce tiempo de transporte y esfuerzo.

Decisión:	Modificar <input checked="" type="checkbox"/>	Eliminar <input type="checkbox"/>
Duración actual en segundos:	92.44	
Duración al implementar mejora en segundos:	65	
Ahorro en tiempo en segundos:	27.44	

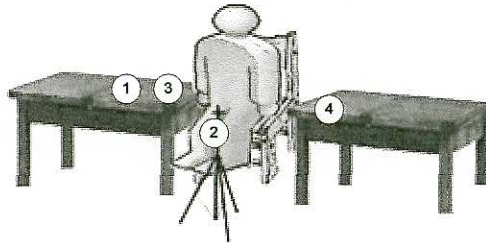
XII.C. DIAGRAMAS BIMANUALES

Diagrama bimanual del proceso ACTUAL de engrayar



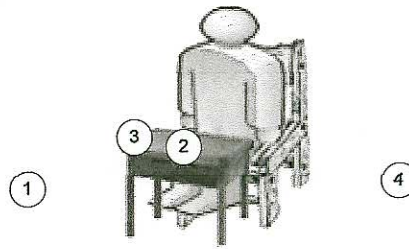
No	Mano izquierda									Mano derecha
		Operación	Transporte	Sujetación	Demora	Operación	Transporte	Sujetación	Demora	
1	Descanso al costado	○	⇨	▽	●	○	⇨	▽	●	Descanso al costado
2	Alcanzar el aro en 1	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Alcanzar el aro en 1
3	Tomar el aro en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Tomar el aro en 1
4	Mover el aro a 2	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Mover el aro a 2
5	Sostener el aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Soltar el aro en 2
6	Sostener el aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Alcanzar la masa en 3
7	Sostener el aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Tomar la masa en 3
8	Sostener el aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover la masa a 2
9	Soltar el aro en 2	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Pre posicionar masa en 2
10	Tomar la masa en 2	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Soltar la masa en 2
11	Sostener la masa en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Alcanzar dos rayos en 3
12	Sostener la masa en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Tomar dos rayos en 3
13	Sostener la masa en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover dos rayos a 2
14	Sostener la masa y rayo en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Ensamblar un rayo en masa
15	Sostener la masa y rayos en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Ensamblar otro rayo en masa
16	Sostener la masa y rayos en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Alcanzar un niple en 3
17	Sostener la masa y rayos en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Tomar un niple en 3
18	Sostener la masa y rayos en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover un niple a 2
19	Sostener la masa y rayos en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Ensamblar un niple en rayo
20	Repetir 16-19 una vez									Repetir 16-19 una vez
21	Tomar aro en 2	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Tomar aro en 2
22	Rotar aro en 2	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Rotar aro en 2
23	Soltar aro en 2	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Soltar aro en 2
24	Repetir de 11-20 18 veces									Repetir de 11-23 18 veces
25	Tomar aro en 2	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Tomar aro en 2
26	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Sostener aro en 2
27	Inspeccionar traslape de rayos	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Inspeccionar traslape de rayos
28	Mover aro a 4	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Soltar aro en 2
29	Soltar aro en 4	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	●	Descanso en 2

Diagrama bimanual del proceso mejorado de engrayar



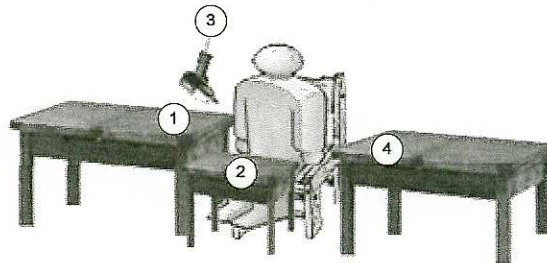
N o	Mano izquierda									Mano derecha
		Operación	Transporte	Sujetación	Demora	Operación	Transporte	Sujetación	Demora	
1	Descanso al costado en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	●	Descanso al costado
2	Descanso al costado en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	●	Alcanzar el aro en 1
3	Descanso al costado en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	●	Tomar el aro en 1
4	Tomar el aro en 2	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Mover el aro a 2
5	Ensamblar el aro en 2	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Soltar el aro en 2
6	Soltar el aro en 2	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Alcanzar la masa en 3
7	Descanso en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	D	Tomar la masa en 3
8	Descanso en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	D	Mover la masa a 2
9	Ensamblar la masa en 2	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Ensamblar la masa en 2
10	Soltar la masa en 2	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Soltar la masa en 2
11	Descanso en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	D	Alcanzar dos rayos en 3
12	Descanso en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	D	Tomar dos rayos en 3
13	Descanso en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	D	Mover dos rayos a 2
14	Ensamblar un rayo en masa	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Ensamblar un rayo en masa
15	Ensamblar otro rayo en masa	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Ensamblar otro rayo en masa
16	Descanso en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	D	Alcanzar un niple en 3
17	Descanso en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	D	Tomar un niple en 3
18	Descanso en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	D	Mover un niple a 2
19	Ensamblar un niple en rayo	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Ensamblar un niple en rayo
20	Repetir 16-19 una vez	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Repetir 16-19 una vez
21	Tomar aro en 2	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Tomar aro en 2
22	Rotar aro en 2	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Rotar aro en 2
23	Soltar aro en 2	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Soltar aro en 2
24	Repetir de 11-20 18 veces	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Repetir de 11-23 18 veces
25	Tomar aro en 2	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Tomar aro en 2
26	Desensamblar aro en 2	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Desensamblar aro en 2
28	Mover aro a 4	○	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Mover aro a 4
29	Soltar aro en 4	●	◁	▽	D	○	◁	▽	D	Soltar aro en 4

Diagrama bimanual del proceso ACTUAL de nivelado



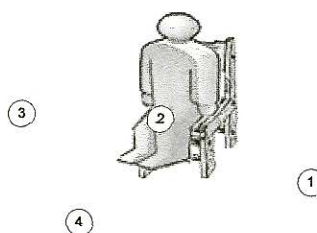
No	Mano izquierda									Mano derecha
		Operación	Transport	Sujeción	Demora	Operación	Transport	Sujeción	Demora	
1	Descanso al costado	○	◁	▽	●	○	◁	▽	●	Descanso al costado
2	Descanso al costado	○	◁	▽	●	●	◁	▽	○	Alcanzar aro en 1
3	Descanso al costado	○	◁	▽	●	●	◁	▽	○	Tomar aro en 1
4	Descanso al costado	○	◁	▽	●	○	◁	▽	○	Mover aro a 2
5	Ensamblar aro en eje en 2	●	◁	▽	○	●	◁	▽	○	Ensamblar aro en eje en 2
6	Soltar aro	●	◁	▽	○	●	◁	▽	○	Soltar aro
7	Descanso en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	○	Alcanzar atenaya en 3
8	Descanso en 2	○	◁	▽	●	●	◁	▽	○	Tomar atenaya en 3
9	Tomar atenaya en 2	●	◁	▽	○	○	◁	▽	○	Mover atenaya a 2
10	Apretar niple con rayo en 2	●	◁	▽	○	●	◁	▽	○	Apretar niple con rayo en 2
11	Soltar atenaya en 2	●	◁	▽	○	○	◁	▽	○	Sostener atenaya en 2
12	Tomar aro en 2	●	◁	▽	○	○	◁	▽	○	Sostener atenaya en 2
13	Rotar aro en 2	●	◁	▽	○	○	◁	▽	○	Sostener atenaya en 2
14	Repetir de 9-13 36 veces	●	◁	▽	○	○	◁	▽	○	Repetir de 9-13 36 veces
15	Descanso en 2	○	◁	▽	●	●	◁	▽	○	Tomar aro en 2
16	Descanso en 2	○	◁	▽	●	●	◁	▽	○	Rotar aro en 2
17	Descanso en 2	○	◁	▽	●	●	◁	▽	○	Inspeccionar aro en 2
18	Repetir 9-13 las veces necesarias	○	◁	▽	●	○	◁	▽	○	Repetir 9-13 las veces necesarias
19	Repetir de 15-17 una vez	○	◁	▽	●	○	◁	▽	○	Repetir de 15-17 una vez
20	Descanso en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	○	Alcanzar cangrejo en 3
21	Descanso en 2	○	◁	▽	●	●	◁	▽	○	Tomar cangrejo en 3
22	Descanso en 2	○	◁	▽	●	○	◁	▽	○	Mover cangrejo a 2
23	Sostener aro en 2	○	◁	▽	○	●	◁	▽	○	Enderezar aro con cangrejo
24	Desensamblar aro del eje en 2	●	◁	▽	○	●	◁	▽	○	Desensamblar aro del eje en 2
25	Tomar aro en 2	●	◁	▽	○	●	◁	▽	○	Tomar aro en 2
26	Inspeccionar aro en 2	●	◁	▽	○	●	◁	▽	○	Inspeccionar aro en 2
27	Mover aro a 4	○	◁	▽	○	●	◁	▽	○	Soltar aro en 2
28	Soltar aro en 4	●	◁	▽	○	○	◁	▽	○	Descanso en 2

Diagrama bimanual del proceso MEJORADO de nivelado



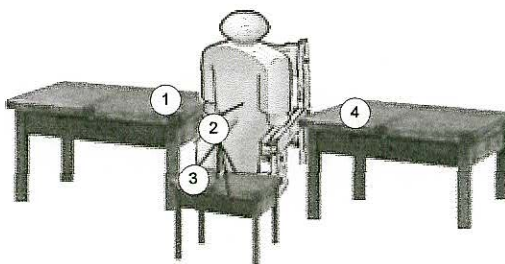
N o	Mano izquierda									Mano derecha
		Operación	Transport	Sujeción	Demora	Operación	Transport	Sujeción	Demora	
1	Descanso al costado	○	⇨	▽	●	○	⇨	▽	●	Descanso al costado
2	Descanso al costado	○	⇨	▽	●	●	⇨	▽	D	Alcanzar aro en 1
3	Descanso al costado	○	⇨	▽	●	●	⇨	▽	D	Tomar aro en 1
4	Descanso al costado	○	⇨	▽	●	○	⇨	▽	D	Mover aro a 2
5	Ensamblar aro en eje en 2	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Ensamblar aro en eje en 2
6	Soltar aro	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Soltar aro
7	Descanso en 2	○	⇨	▽	●	○	⇨	▽	D	Alcanzar pistola neumática en 3
8	Descanso en 2	○	⇨	▽	●	●	⇨	▽	D	Tomar pistola neumática en 3
9	Tomar aro en 2	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover pistola neumática a 2
10	Apretar niple con rayo en 2	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Apretar niple con rayo en 2
11	Tomar aro en 2	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Sostener pistola neumática en 2
12	Rotar aro en 2	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Sostener pistola neumática en 2
13	Repetir de 9-12 36 veces , una por cada niple	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Repetir de 9-13 36 veces, una por cada niple
14	Descanso en 2	○	⇨	▽	●	●	⇨	▽	D	Tomar aro en 2
15	Descanso en 2	○	⇨	▽	●	●	⇨	▽	D	Rotar aro en 2
16	Descanso en 2	○	⇨	▽	●	●	⇨	▽	D	Inspeccionar aro en 2
17	Descanso en 2	○	⇨	▽	●	○	⇨	▽	D	Alcanzar atenaya en 2
18	Descanso en 2	○	⇨	▽	●	●	⇨	▽	D	Tomar atenaya en 2
19	Tomar atenaya en 2	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover atenaya a 2
20	Apretar niple con rayo en 2	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Apretar niple con rayo en 2
21	Repetir las veces necesarias	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Repetir las veces necesarias
22	Desensamblar aro del eje en 2	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Desensamblar aro del eje en 2
23	Tomar aro en 2	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Tomar aro en 2
24	Inspeccionar aro en 2	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Inspeccionar aro en 2
25	Mover aro a 4	○	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Soltar aro en 2

Diagrama bimanual del proceso ACTUAL de enllantado



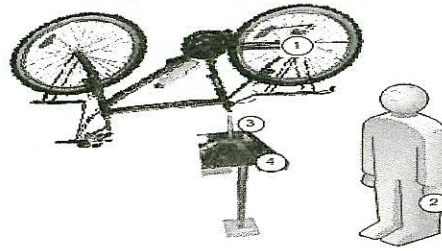
No	Mano izquierda									Mano derecha
		Operación	Transporte	Sujeción	Demora	Operación	Transporte	Sujeción	Demora	
1	Descanso al costado en 2	○	⇨	▽	●	○	⇨	▽	●	Descanso al costado en 2
2	Alcanzar aro en 1	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Alcanzar aro en 1
3	Tomar aro en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Tomar aro en 1
4	Mover aro a 2	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Mover aro a 2
5	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Soltar aro en 2
6	Posicionar aro en 2	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Alcanzar protector en 3
7	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Tomar protector
8	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover protector a 2
9	Ensamblar protector en aro	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Ensamblar protector en aro
10	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Soltar aro en 2
11	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Alcanzar tubo en 3
12	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Tomar tubo en 3
13	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover tubo a 2
14	Ensamblar tubo en aro	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Ensamblar tubo en aro
15	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Soltar aro en 2
16	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Alcanzar llanta en 3
17	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Tomar llanta en 3
18	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover llanta a 2
19	Ensamblar llanta en 2	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Ensamblar llanta en 2
20	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Tomar válvula en 2
21	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Ensamblar válvula en 2
22	Inspeccionar pliegues en 2	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Inspeccionar pliegues en 2
23	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Tomar manguera en 3
24	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover manguera a 2
25	Sostener aro en 2	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Inflar llanta en 2
26	Inspeccionar pliegues en 2	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Inspeccionar pliegues en 2
27	Inspeccionar inflado en 2	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Inspeccionar inflado en 2
28	Mover aro a 4	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover aro a 4
29	Soltar aro en 4	●	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Soltar aro en 4

Diagrama bimanual del proceso MEJORADO de enflantado



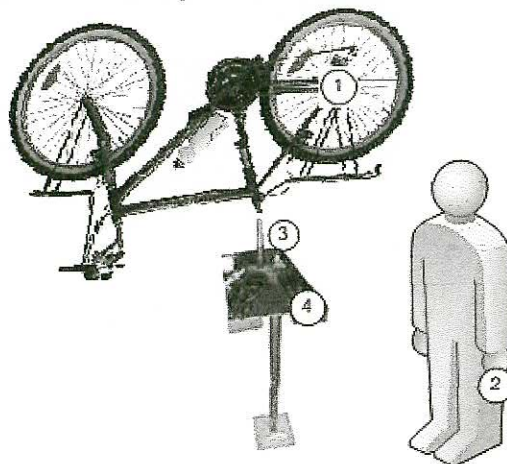
No	Mano izquierda									Mano derecha
		Operación	Transporte	Sujeción	Demora	Operación	Transporte	Sujeción	Demora	
1	Descanso al costado en 2	○	◻	▽	●	○	◻	▽	●	Descanso al costado en 2
2	Alcanzar aro en 1	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Alcanzar aro en 1
3	Tomar aro en 1	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Tomar aro en 1
4	Mover aro a 2	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Mover aro a 2
5	Ensamblar aro en eje 2	○	◻	▽	D	○	◻	▽	D	Ensamblar aro en eje en 2
6	Soltar aro en 2	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Soltar aro en 2
7	Descanso en 2	○	◻	▽	●	○	◻	▽	●	Alcanzar protector en 3
8	Descanso en 2	○	◻	▽	●	○	◻	▽	●	Tomar protector
9	Sostener en 2	○	◻	▽	D	○	◻	▽	D	Mover protector a 2
10	Ensamblar protector en aro	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Ensamblar protector en aro
11	Soltar aro en 2	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Soltar aro en 2
12	Descanso en 2	○	◻	▽	●	○	◻	▽	●	Alcanzar tubo en 3
13	Descanso en 2	○	◻	▽	●	○	◻	▽	●	Tomar tubo en 3
14	Tomar tubo en 2 aro en 2	●	◻	▽	D	○	◻	▽	D	Mover tubo a 2
15	Ensamblar tubo en aro	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Ensamblar tubo en aro
16	Soltar aro en 2	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Soltar aro en 2
17	Descanso en 2	○	◻	▽	●	○	◻	▽	●	Alcanzar llanta en 3
18	Descanso en 2	○	◻	▽	●	○	◻	▽	●	Tomar llanta en 3
19	Tomar aro en 2	●	◻	▽	D	○	◻	▽	D	Mover llanta a 2
20	Ensamblar llanta en 2	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Ensamblar llanta en 2
21	Sostener aro en 2	○	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Tomar válvula en 2
22	Sostener aro en 2	○	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Ensamblar válvula en 2
23	Inspeccionar pliegues en 2	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Inspeccionar pliegues en 2
24	Soltar aro en 2	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Tomar manguera en 3
25	Descanso en 2	○	◻	▽	●	○	◻	▽	●	Mover manguera a 2
26	Tomar llanta en 2	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Inflar llanta en 2
27	Inspeccionar pliegues en 2	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Inspeccionar pliegues en 2
28	Inspeccionar inflado en 2	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Inspeccionar inflado en 2
29	Mover aro a 4	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Mover aro a 4
30	Soltar aro en 4	●	◻	▽	D	●	◻	▽	D	Soltar aro en 4

Diagrama bimanual del proceso ACTUAL de encadenado



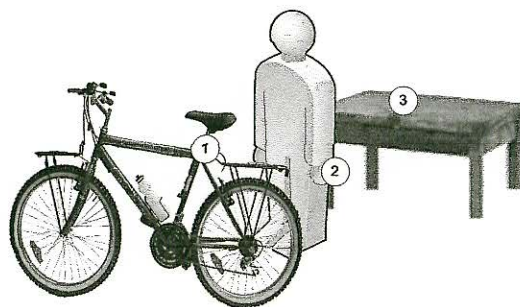
No	Mano izquierda									Mano derecha
		Operación	Transport	Sujeción	Demora	Operación	Transport	Sujeción	Demora	
1	Descanso en 2	○	◇	▽	●	○	◇	▽	●	Descanso en 2
2	Alcanzar remachadora en 4	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Alcanzar remachadora en 4
3	Tomar remachadora en 4	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Tomar remachadora en 4
4	Mover remachadora a 3	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Mover remachadora a 3
5	Alcanzar cadena en 3	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Alcanzar cadena en 3
6	Tomar cadena en 3	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Tomar cadena en 3
7	Soltar remachadora en 3	●	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Sostener cadena en 3
8	Cortar cadena en 3	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Cortar cadena en 3
9	Tomar remachadora en 3	●	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Sostener cadena en 3
10	Mover cadena y rem. a 1	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Mover cadena y rem. a 1
11	Ensamblar cadena en 1	●	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Sostener cadena y rem. 1
12	Sostener cadena en 1	○	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Soltar cadena en 1
13	Sostener cadena en 1	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Mover remachadora a 4
14	Sostener cadena en 1	○	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Soltar remachadora en 4
15	Sostener cadena en 1	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Mover a 1
16	Sostener cadena en 1	○	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Tomar Cadena en 1
17	Ensamblar cadena en 1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Ensamblar cadena en 1
18	Soltar cadena en 1	●	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Soltar cadena en 1
19	Mover a 4	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Mover a 4
20	Tomar remachadora en 4	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Tomar remachadora en 4
21	Mover remachadora a 1	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Mover remachadora a 1
22	Tomar cadena en 1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Tomar cadena en 1
23	Ensamblar cadena en 1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Ensamblar cadena en 1
24	Sostener cadena en 1	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Mover remachadora a 4
25	Sostener cadena en 1	○	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Soltar remachadora en 4
26	Sostener cadena en 1	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Mover mano a 1
27	Tomar cadena en 1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Tomar cadena en 1
28	Inspeccionar cadena en 1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Inspeccionar cadena en 1
29	Soltar cadena en 1	●	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Soltar cadena en 1
30	Descanso en 2	○	◇	▽	●	○	◇	▽	●	Descanso en 2

Diagrama bimanual del proceso MEJORADO de encadenado



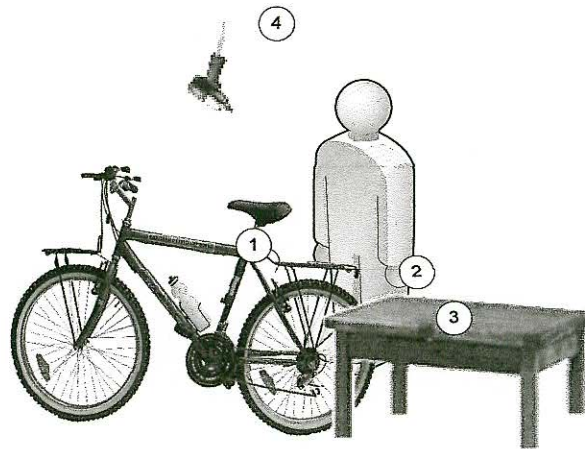
No	Mano izquierda									Mano derecha
		Operación	Transport	Sujeción	Demora	Operación	Transport	Sujeción	Demora	
1	Descanso en 2	○	⇨	▽	●	○	⇨	▽	●	Descanso en 2
2	Alcanzar cadena en 4	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Alcanzar remachadora en 3
3	Tomar cadena en 4	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Tomar remachadora en 3
4	Mover cadena a 1	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Mover remachadora a 1
5	Tomar remachadora en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Tomar cadena en 1
6	Abir cadena en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Abrir cadena en 1
7	Ensamblar cadena en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Ensamblar cadena en 1
8	Cerrar cadena en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Cerrar cadena en 1
9	Inspeccionar cadena en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Inspeccionar cadena en 1
10	Soltar cadena en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Soltar cadena en 1
11	Descanso en 2	○	⇨	▽	●	○	⇨	▽	●	Descanso en 2

Diagrama bimanual del proceso ACTUAL de instalación de sillón



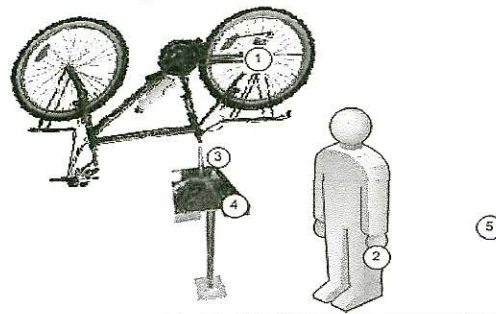
No	Mano izquierda									Mano derecha
		Operación	Transport	Sujeción	Demora	Operación	Transport	Sujeción	Demora	
1	Descanso en 2	○	◁	▽	●	○	▷	▽	●	Descanso en 2
2	Alcanzar poste en 3	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Alcanzar poste en 3
3	Tomar poste de asiento en 3	●	◁	▽	D	●	◁	▽	D	Tomar poste de asiento en 3
4	Mover poste de asiento a 1	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Mover poste de asiento a 1
5	Ensamblar poste en 1	●	◁	▽	D	●	◁	▽	D	Ensamblar poste en 1
6	Soltar poste de asiento	●	◁	▽	D	●	◁	▽	D	Soltar poste de asiento
7	Alcanzar cangrejo en 3	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Alcanzar cangrejo en 3
8	Tomar cangrejo en 3	●	◁	▽	D	●	◁	▽	D	Tomar cangrejo en 3
9	Mover cangrejo a 1	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Mover cangrejo a 1
10	Soltar cangrejo en 1	●	◁	▽	D	○	▷	▽	D	Sostener cangrejo en 1
11	Tomar marco en 1	●	◁	▽	D	○	▷	▽	D	Sostener cangrejo en 1
12	Ensamblar poste en 1	●	◁	▽	D	●	◁	▽	D	Ensamblar poste en 1
13	Sostener marco en 1	○	▷	▽	D	●	◁	▽	D	Girar cangrejo en 1
	Repetir 13 aprox. 10 veces hasta apretar									Repetir 13 aprox. 10 veces hasta apretar
14	Soltar marco en 1	●	◁	▽	D	●	◁	▽	D	Soltar poste de asiento
15	Alcanzar sillón en 3	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Alcanzar sillón en 3
16	Tomar sillón en 3	●	◁	▽	D	●	◁	▽	D	Tomar sillón en 3
17	Mover sillón a 1	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Mover sillón a 1
18	Ensamblar sillón en 1	●	◁	▽	D	●	◁	▽	D	Ensamblar sillón en 1
19	Sostener sillón en 1	○	▷	▽	D	●	◁	▽	D	Girar cangrejo en 1, lado derecho
	Repetir 19 aprox. 10 veces hasta apretar									Repetir 19 aprox. 10 veces hasta apretar
	Repetir 19 en lado izquierdo									Repetir 19 en lado izquierdo
20	Soltar sillón en 1	●	◁	▽	D	○	●	▽	D	Mover cangrejo a 3
21	Descanso en 2	○	▷	▽	●	●	◁	▽	D	Soltar cangrejo en 3
22	Descanso en 2	○	▷	▽	●	○	▷	▽	●	Descanso en 2

Diagrama bimanual del proceso MEJORADO de instalación de sillón



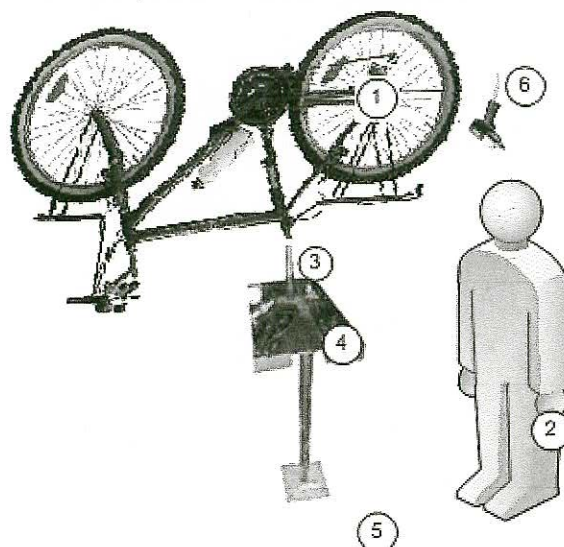
No	Mano izquierda									Mano derecha
		Operación	Transport	Sujeción	Demora	Operación	Transport	Sujeción	Demora	
1	Descanso en 2	○	◇	▽	●	○	◇	▽	●	Descanso en 2
2	Alcanzar poste de asiento en 3	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Alcanzar pistola en 4
3	Tomar poste de asiento en 3	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Tomar pistola en 4
4	Mover poste de asiento a 1	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Mover pistola a 1
5	Ensamblar poste en 1	●	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Sostener pistola en 1
6	Sostener poste de asiento en 1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Accionar pistola en 1
7	Soltar poste de asiento en 1	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Sostener pistola en 1
8	Alcanzar sillón en 3	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Sostener pistola en 1
9	Tomar sillón en 3	●	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Sostener pistola en 1
10	Mover sillón a 1	○	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Sostener pistola en 1
11	Ensamblar sillón en 1 (posición)	●	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Sostener pistola en 1
12	Sostener sillón en 1	○	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Accionar pistola en 1, lado derecho
	Repetir 12 una vez en el lado izquierdo									Repetir 12 una vez en el lado izquierdo
13	Soltar sillón en 1	●	◇	▽	D	○	◇	▽	D	Soltar pistola en 1
14	Descanso en 2	○	◇	▽	●	○	◇	▽	●	Descanso en 2

Diagrama bimanual del proceso ACTUAL de instalación de llantas



N o	Mano izquierda									Mano derecha
		Operación	Transport	Sujeción	Demora	Operación	Transport	Sujeción	Demora	
1	Descanso en 2	○	⇨	▽	●	○	⇨	▽	●	Descanso en 2
2	Alcanzar llanta en 5	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Alcanzar llanta en 5
3	Tomar llanta en 5	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Tomar llanta en 5
4	Mover llanta a 1	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover llanta a 1
5	Ensamblar llanta en marco 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Ensamblar llanta en marco en 1
6	Soltar llanta en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Soltar llanta en 1
7	Mover mano a 4	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover mano a 4
8	Tomar parrilla en 4	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Tomar parrilla en 4
9	Mover parrilla a 1	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover parrilla a 1
10	Ensamblar parrilla en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Ensamblar parrilla en 1
11	Soltar parrilla en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Soltar parrilla en 1
12	Alcanzar pata en 3	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Alcanzar pata en 3
13	Tomar pata en 3	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Tomar pata en 3
14	Mover pata a 1	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover pata a 1
15	Ensamblar pata en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Ensamblar pata en 1
16	Soltar pata en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Soltar pata en 1
17	Alcanzar tornillo en 3	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Alcanzar tornillo en 3
18	Tomar tornillo en 3	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Tomar tornillo en 3
19	Mover tornillo a 1	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover tornillo a 1
20	Ensamblar tornillo en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Ensamblar tornillo en 1
21	Soltar tornillo en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Soltar tornillo en 1
22	Alcanzar llanta en 1	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Alcanzar cangrejo en 4
23	Sostener llanta en 1	○	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Tomar cangrejo en 4
24	Sostener llanta en 1	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover cangrejo a 1
25	Sostener llanta en 1	○	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Girar cangrejo en 1
	Repetir 25 aprox. 10 veces hasta apretar									Repetir 25 aprox. 10 veces hasta apretar
26	Sostener llanta en 1	○	⇨	▽	D	○	⇨	▽	D	Mover cangrejo a 4
27	Soltar llanta en 1	●	⇨	▽	D	●	⇨	▽	D	Soltar cangrejo en 4
28	Descanso en 2	○	⇨	▽	●	○	⇨	▽	●	Descanso en 2

Diagrama bimanual del proceso MEJORADO de instalación de llantas



No	Mano izquierda									Mano derecha
		Operación	Transport	Sujetación	Demora	Operación	Transport	Sujetación	Demora	
1	Descanso en 2	○	◇	▽	●	○	◇	▽	●	Descanso en 2
2	Alcanzar llanta en 5	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Alcanzar llanta en 5
3	Tomar llanta en 5	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Tomar llanta en 5
4	Mover llanta a 1	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Mover llanta a 1
5	Ensamblar en marco en 1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Ensamblar en marco en 1
6	Soltar llanta en 1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Soltar llanta en 1
7	Mover mano a 4	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Mover mano a 3
8	Tomar parrilla en 4	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Tomar pata en 3
9	Mover parrilla a 1	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Mover pata a 1
10	Ensamblar parrilla en 1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Ensamblar pata en 1
11	Soltar parrilla en 1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Soltar pata en 1
12	Descanso en 1	○	◇	▽	●	○	◇	▽	D	Alcanzar tronillo en 3
13	Descanso en 1	○	◇	▽	●	○	◇	▽	D	Tomar tornillo en 3
14	Tomar tornillo en 1	●	◇	▽	D	○	●	▽	D	Mover tornillo a 1
15	Ensamblar en marco en1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Ensamblar en marco en1
16	Soltar tornillo en 1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Soltar tornillo en 1
17	Alcanzar llanta en 1	○	●	▽	D	○	●	▽	D	Alcanzar pistola en 6
18	Sostener llanta en 1	○	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Tomar pistola en 6
19	Sostener llanta en 1	○	◇	▽	D	○	●	▽	D	Mover pistola a 6
20	Sostener llanta en 1	○	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Ensamblar tornillo con pistola en1
21	Soltar llanta en 1	●	◇	▽	D	●	◇	▽	D	Soltar pistola en 1
22	Descanso en 2	○	◇	▽	●	○	◇	▽	●	Descanso en 2

XII.D. Toma de tiempos estándar

Producto:	Bicicleta Cobra, #24	Fecha:	22/04/2009
Pieza:	Llanta	Analista:	Jennifer Boehm
Operación:	Enrayado	Operario:	Luis A. Juarez

Elementos:	Tomar y preposicionar aro y masa		Ensamblar 2 rayos en la masa		Ensamblar 2 rayos en el aro		Soltar aro enrayado		Elementos extraños
	T	L	T	L	T	L	T	L	
1	4.97	4.97	10.61	5.64	19.81	9.2			
2			23.94	4.13	32.11	8.17			
3			36.34	4.23	47.68	11.34			
4			55.19	7.51	65.1	9.91			
5			72.08	6.98	83.32	11.24			
6			90.44	7.12	103.38	12.94			
7			109.85	6.47	119.61	9.76			
8			125.32	5.71	133.68	8.36			
9			141.33	7.65	151.68	10.35	162.03	6.43	
10	5.43	5.43	12.74	7.31	22.72	9.98			
11			29.17	6.45	40.63	11.46			
12			48.46	7.83	58.62	10.16			
Totales		10.4		77.03		122.87		6.43	
# Observaciones		2		12		12		1	
Promedio		5.2		6.42		10.24		6.43	
Calificación		98		101		104		95	
Tiempo normal		5.10		6.48		10.65		6.11	
Veces por ciclo		1		36		36		1	

Horario: 7:00 am a 4:00 pm con una hora de almuerzo de 12 a 1 pm
 Suplementos: 14%, de las cuales resultan 6.88 horas hábiles

Tiempo estándar: $(5.10 \times 1) + (6.48 \times 36) + (10.65 \times 36) + (6.11 \times 1)$ = 628 = 10.46 min
 $(6.9 \times 60 \times 60)$

Unidades por día: _____ = 39.55 = 39 unidades

Toma de tiempos estándar

Producto: Bicicleta Cobra, #24 Fecha: 22/04/2009
 Pieza: Llanta Analista: Jennifer Boehm
 Operación: Nivelado de rayos Operario: Mynor Bran

Elementos:	Soltar aro nivelado y tomar uno sin nivelar, ensamblando en el eje		Apretar rayo con atenaya y rotar		Inspección y rotar		Elementos extraños		Descripción elementos extraños
	T	L	T	L	T	L	T	L	
1	15.43	15.43	19.81	4.38					
2			24.66	4.85	39.38	14.72			
3			43.07	3.69			91.30	48.23	Cangrejear
4			96.77	5.47					
5			101.59	4.82			112.97	11.38	Se le cayó la atenaya
6	10.64	10.64	16.04	5.40					
7			21.42	5.38	48.85	27.43			
8			53.18	4.33					
9			57.05	3.87	77.42	20.37	87.14	9.72	Se le cayó la atenaya
10			93.46	6.32					
11			98.43	4.97					
12			103.59	5.16					
Totales		26.07		58.64		62.52			
# Observaciones		2		12		3			
Promedio		13.035		4.89		20.84			
Calificación		92		103		98			
Tiempo normal		11.9922		5.03		20.42			
Veces por ciclo		1		36		7			

Horario: 7:00 am a 4:00 pm con una hora de almuerzo de 12 a 1 pm

Suplementos: 14%, de las cuales resultan 6.88 horas hábiles

Tiempo estándar: $(11.92 \times 1) + (5.03 \times 36) + (20.42 \times 7) = 336.152 \text{ seg} = 5.60 \text{ min}$

$(6.9 \times 60 \times 60)$

Unidades por día: $\frac{336.1522}{73.90} = 73 \text{ unidades}$

Toma de tiempos estándar

Producto: Bicicleta Cobra, #24 Fecha: 22/04/2009
 Pieza: Llanta Analista: Jennifer Boehm
 Operación: Enlantado del aro nivelado Operario: Luis A. Juarez

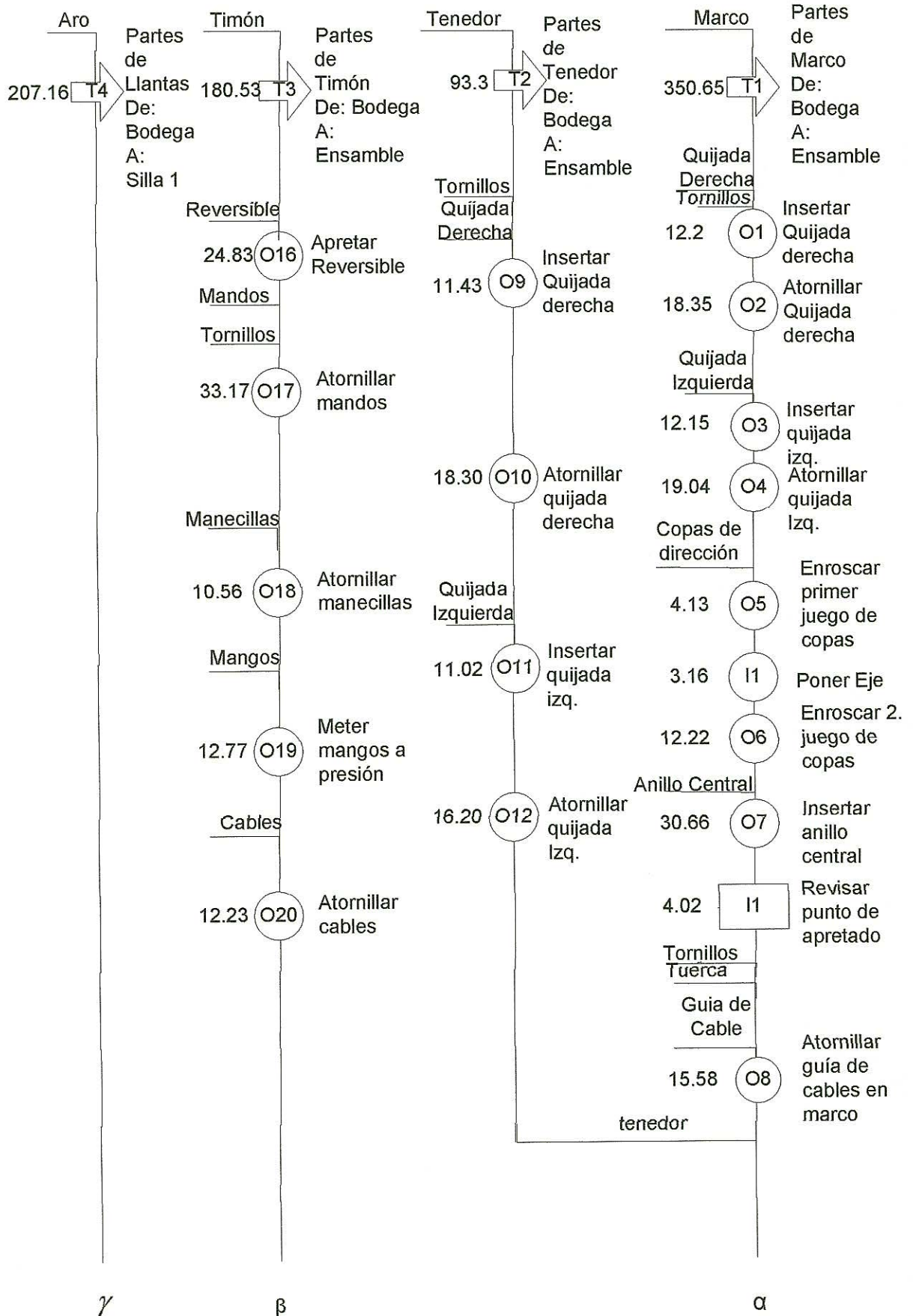
Elementos:	Soltar aro terminado y tomar aro por enlantar		Ensamblar protector, tubo y llanta		Ensamblar válvula		Inflar		Elementos extras
	T	L	T	L	T	L	T	L	
1	7.34	7.34	46.79	39.45	57.63	10.84	97.16	39.53	
2	8.57	8.57	51.04	42.47	64.77	13.73	100.57	35.8	
3	9.34	9.34	58.27	48.93	75.67	17.4	99.99	24.32	
4	7.65	7.65	47.18	39.53	63.11	15.93	100.54	37.43	
5	7.41	7.41	52.8	45.39	67.18	14.38	102.61	35.43	
Totales		40.31		215.77		72.28		172.51	
# Observaciones		5		5		5		5	
Promedio		8.062		43.15		14.46		34.50	
Calificación		90		103		110		103	
Tiempo normal		7.26		44.45		15.90		35.54	
Veces por ciclo		1		1		1		2	

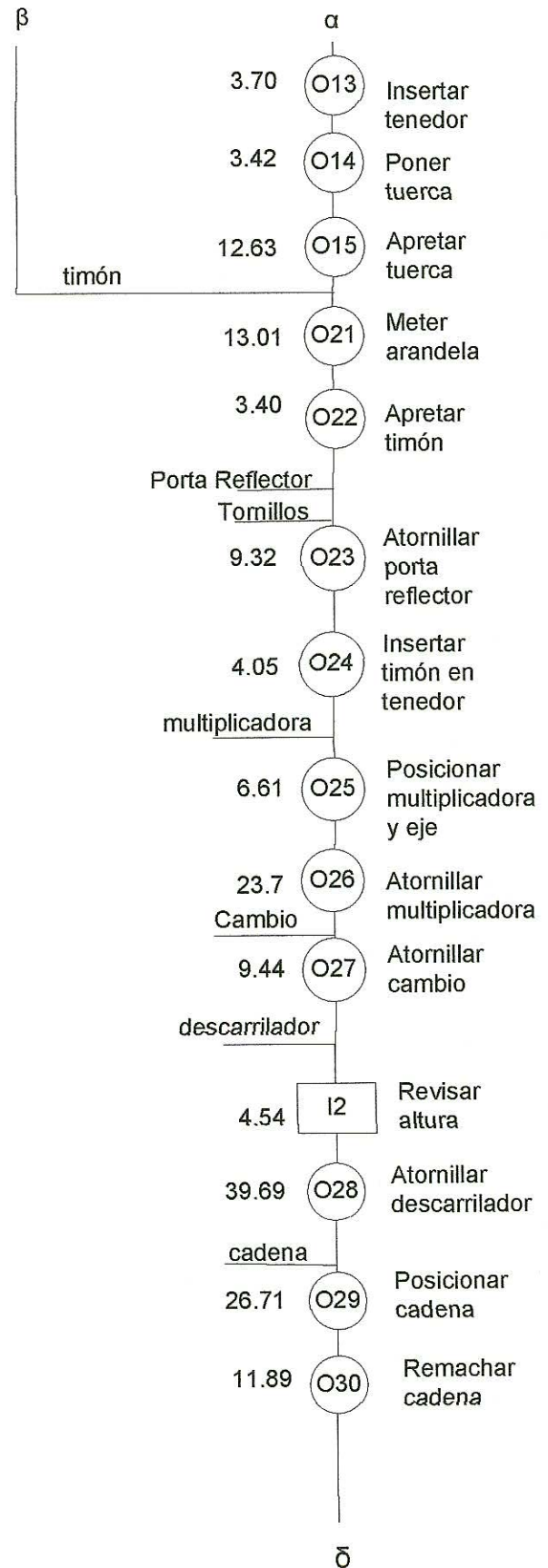
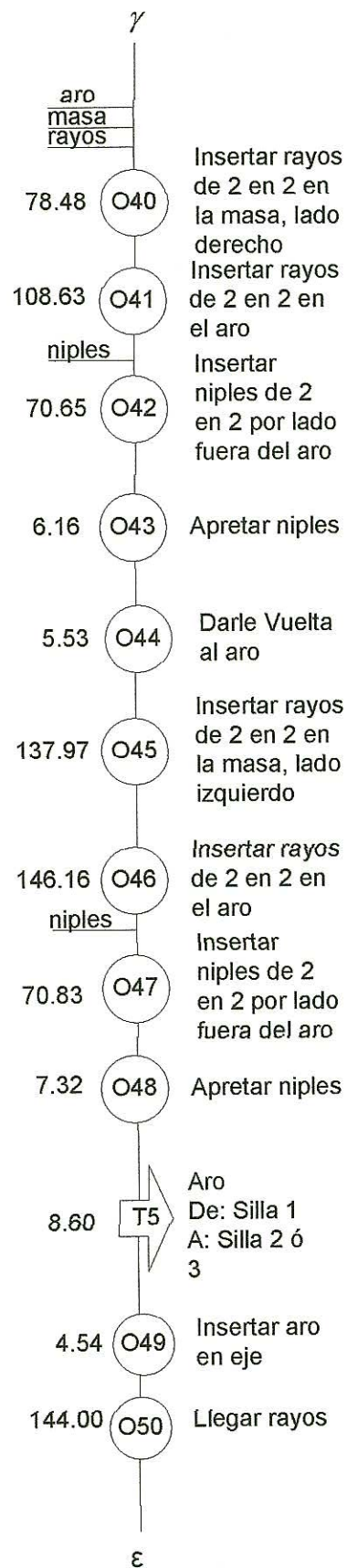
Horario: 7: 00 am a 5:00 pm con una hora de almuerzo de 12 a 1 pm
 Suplementos: 14%, de las cuales resultan 6.88 horas hábiles

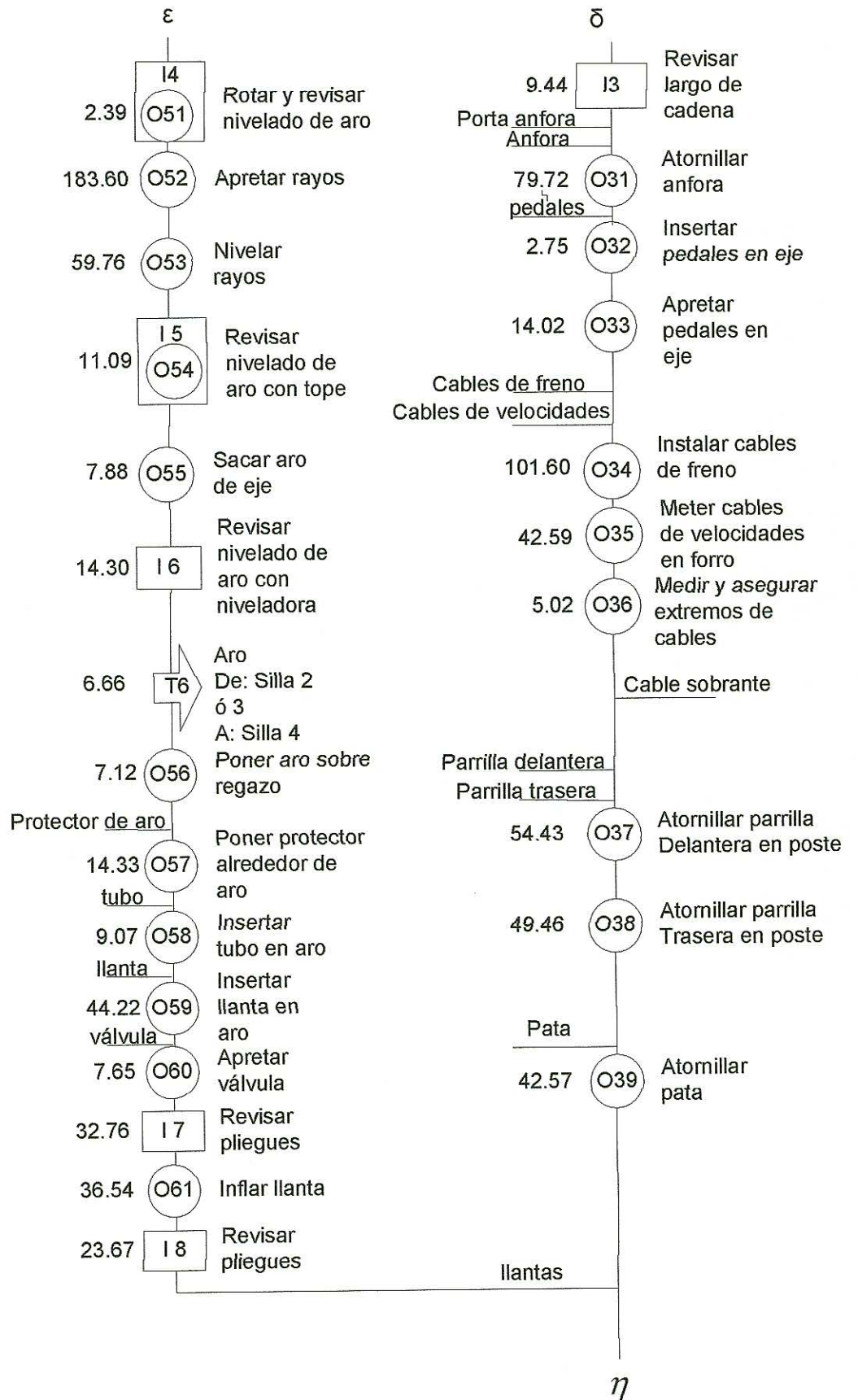
Tiempo estándar: $(7.26 \times 1) + (44.45 \times 1) + (15.90 \times 1) + (35.54 \times 2)$ = 138.68 seg = 2.31 min
 $(6.9 \times 60 \times 60)$

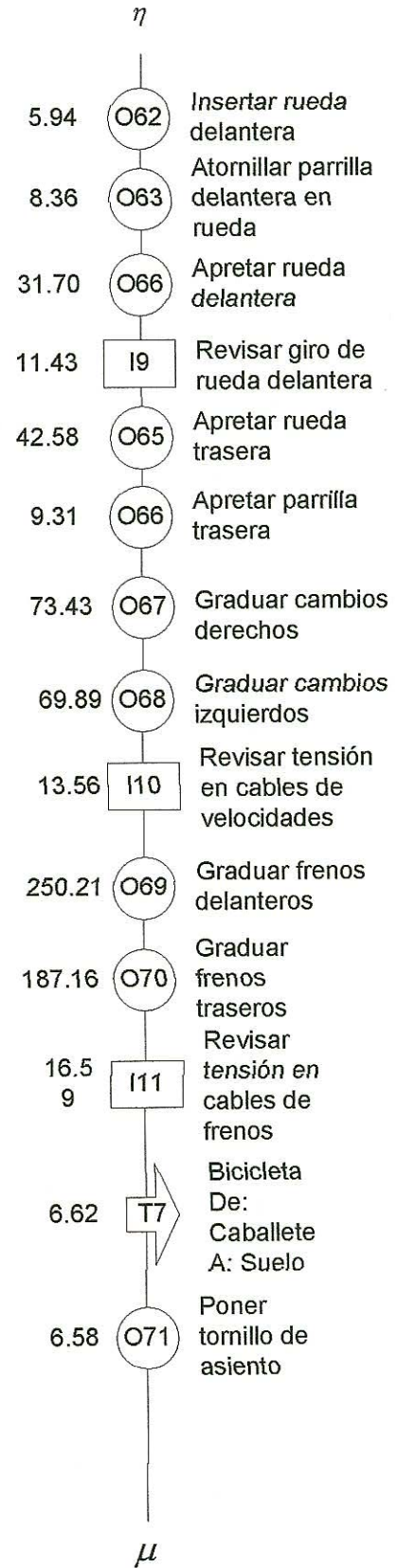
Unidades por día: 138.68 = 179.12 unidades

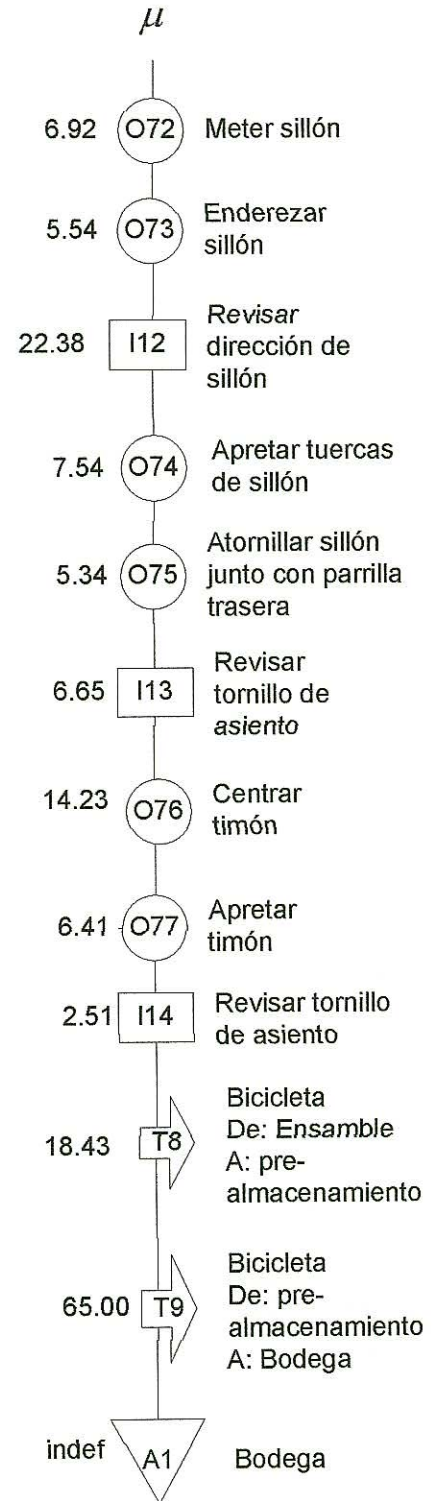
XII.E. DOP Mejorado





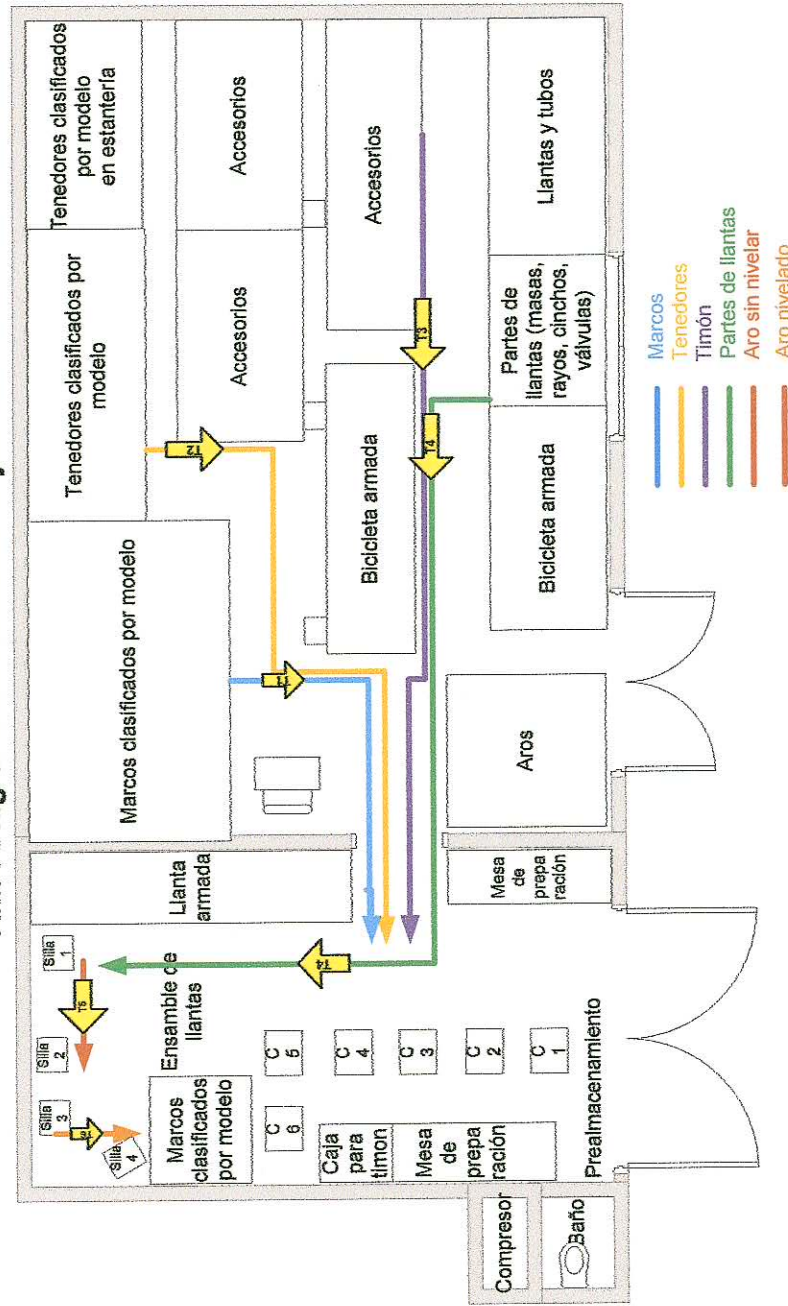






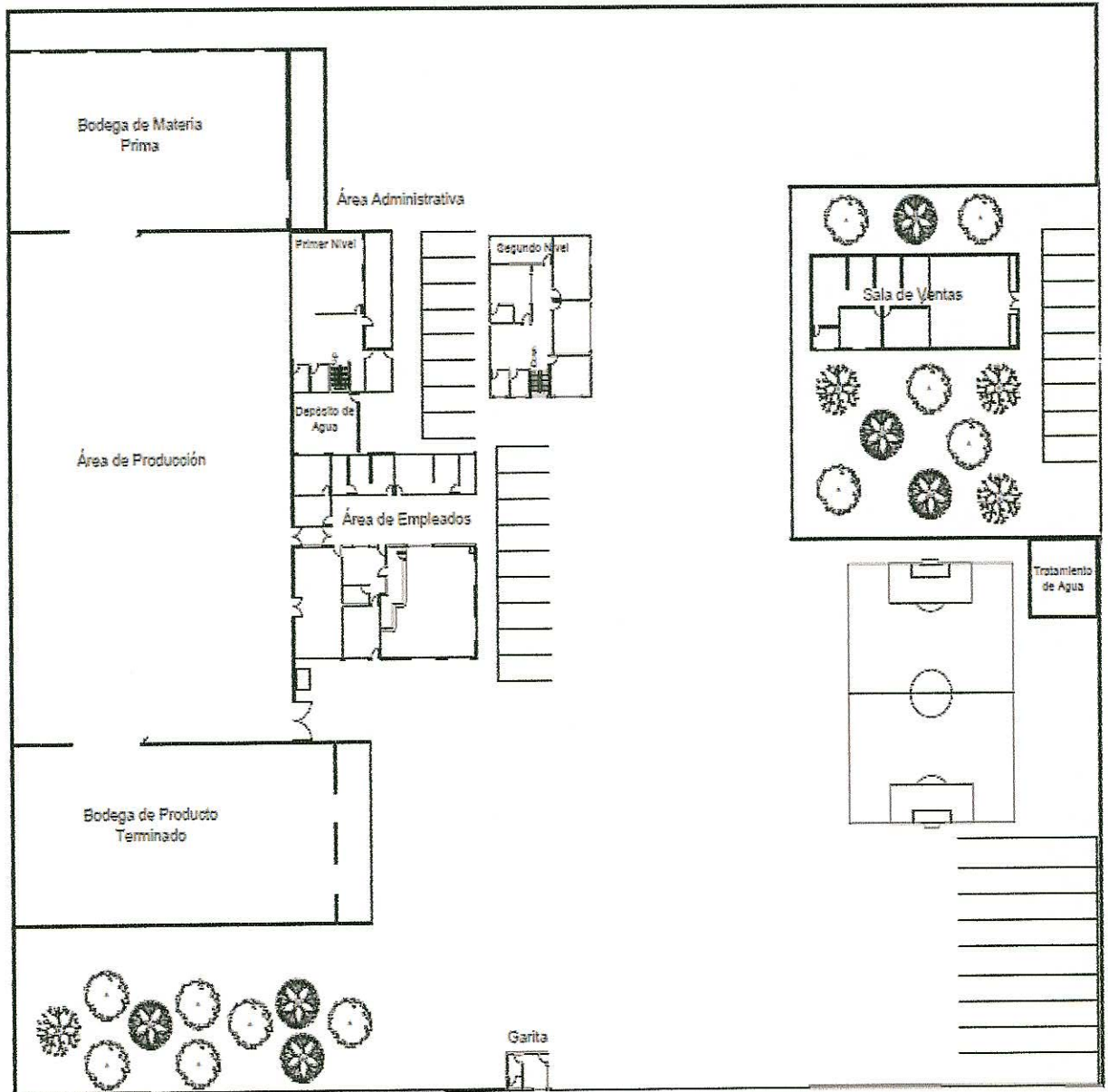
Resumen DOP Mejorado		
Evento	Número	Tiempo en segundos
Operaciones	77	2811.31
Transportes	9	936.98
Inspecciones	14	188.36
Almacenamiento	1	-

XII.F. Diagrama de recorrido mejorado

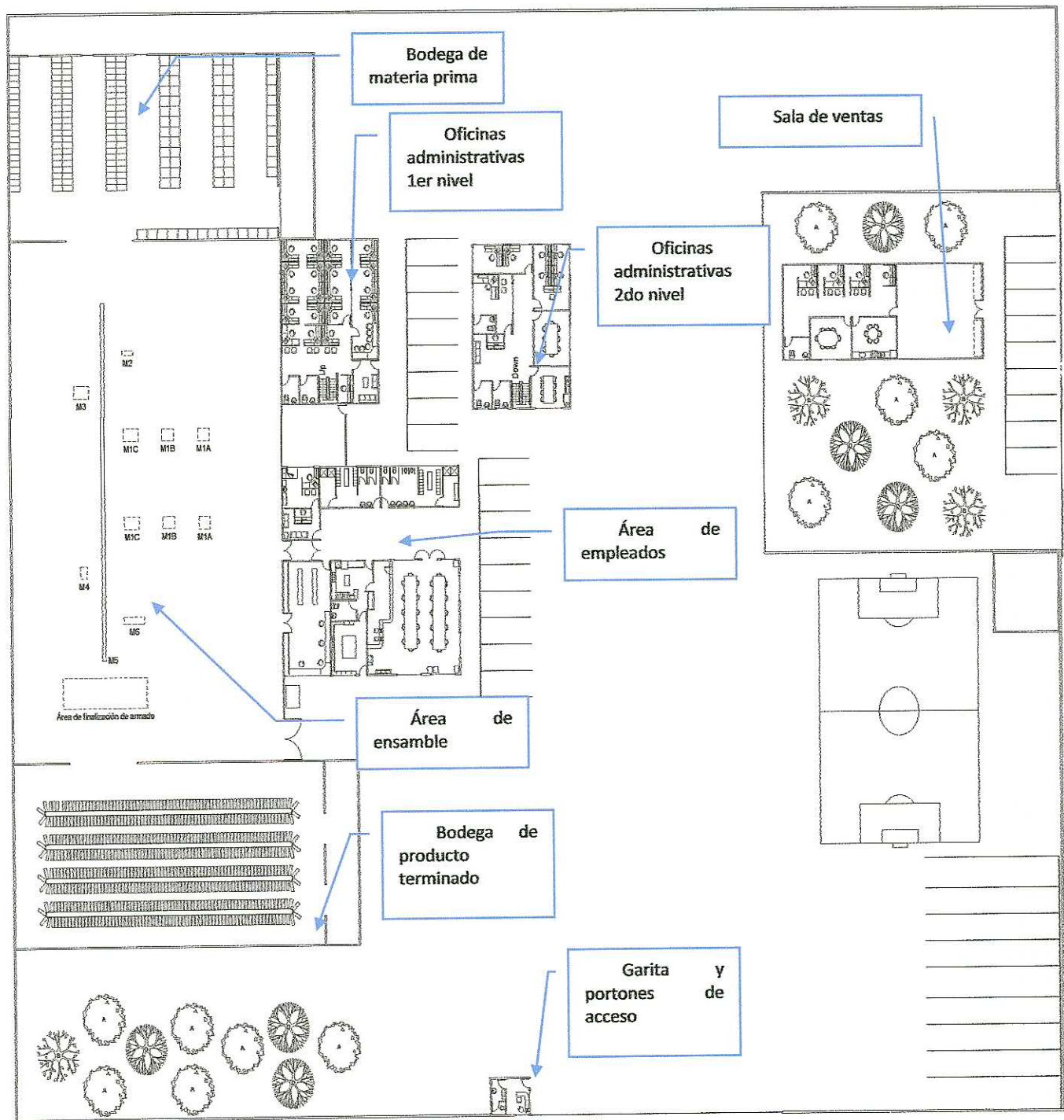


XII.G. Planos de la planta propuesta

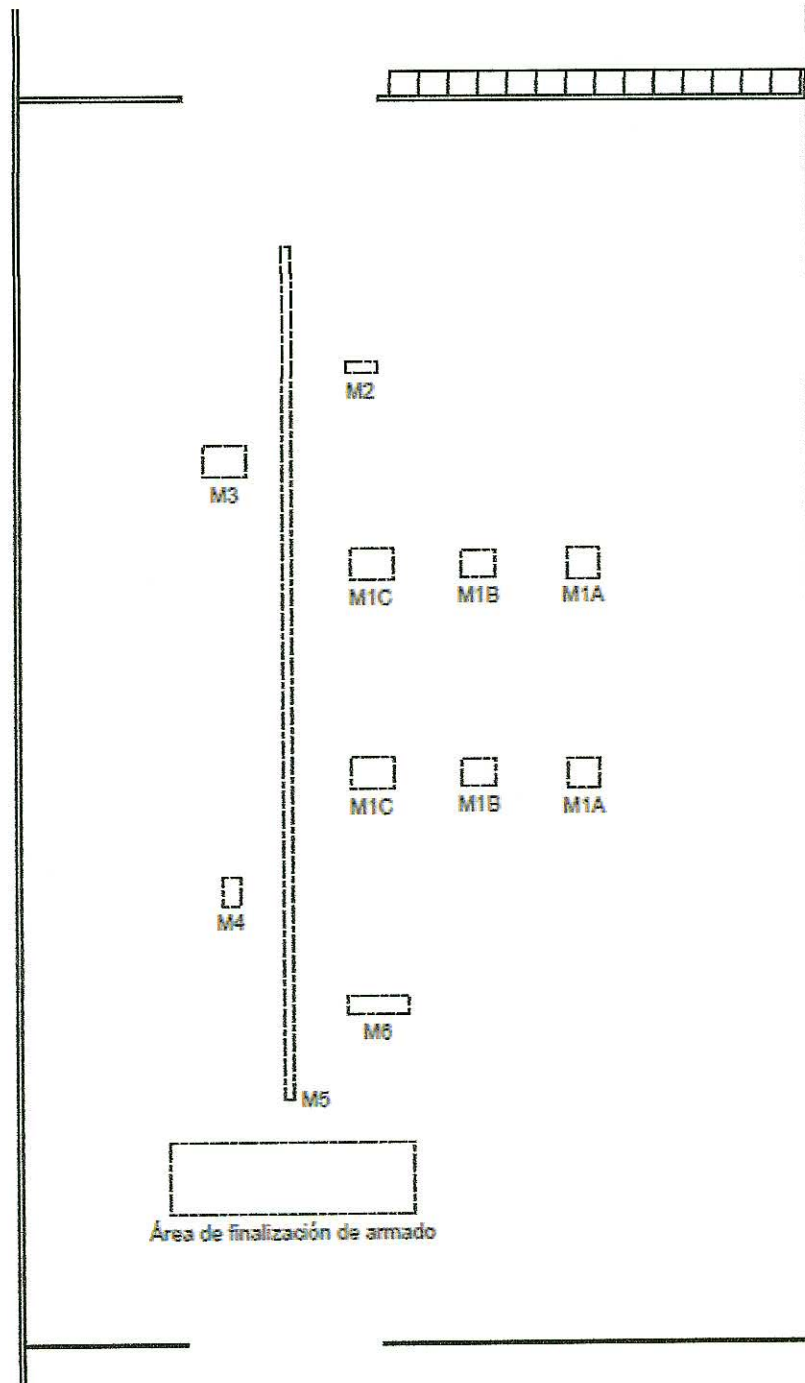
Planta general con áreas principales



Planta general amueblada

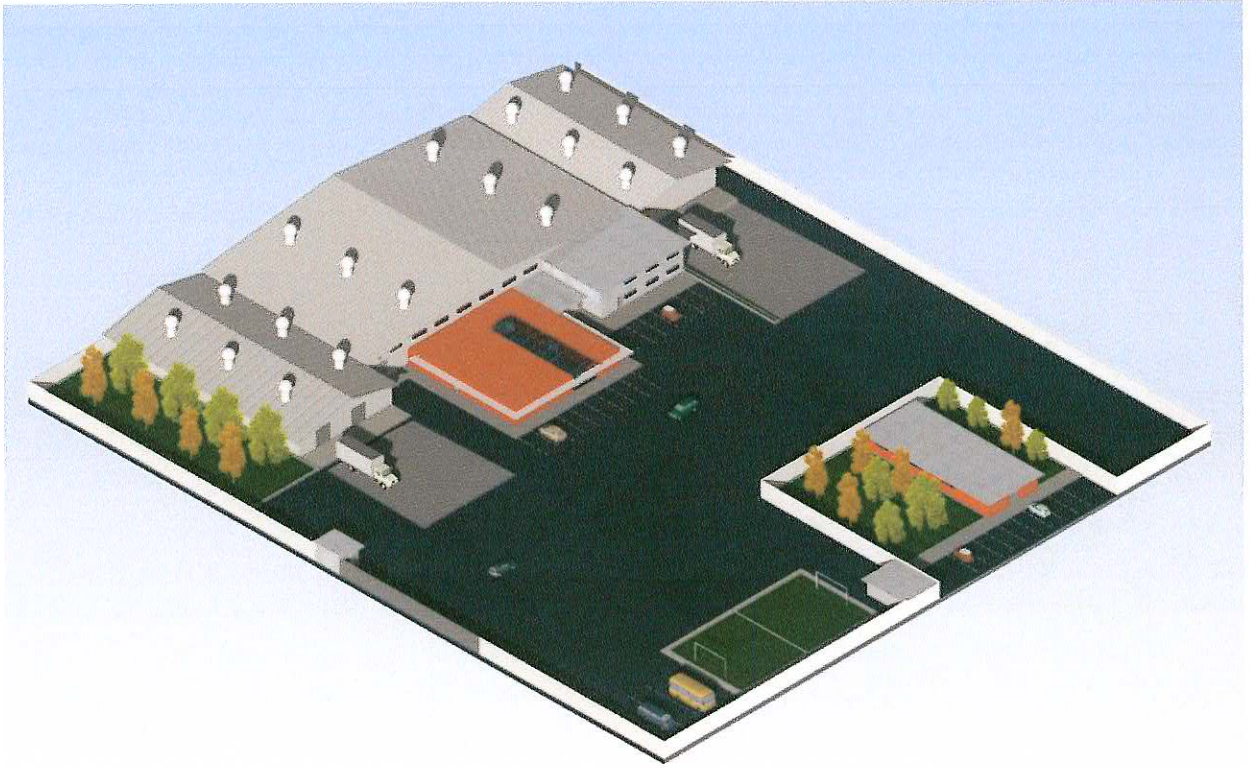


Detalle de distribución de área de ensamble con maquinaria



XII. H. Vistas 3D de la planta propuesta



Vista general de la planta en 3D**(Planta de bicicletas, 2009)**

XII. I. Fotos del lugar de trabajo

Caballete



Detalle de Herramientas en el caballete



XII. J. Cotizaciones

Cotización de materia prima

GREEN TECH TRADING CO.,LTD.
 4F-3,NO.408,SEC.2,NAN TWEN RD. TAICHUNG TAIWAN R.O.C.
 TEL:886-4-24725658,FAX:886-4-24735625,E-MAIL: abc12558@ms8.hinet.net

PROFORMA INVOICE

TO:AGROCENTRO, S.A.
 14 CALLE 3-01,ZONA 9
 2009
 GUATEMALA C.A. 01009
 GUATEMALA

REF#AC-28043
 DATE:Mar. 10,

PAYMENT : By Irrevocable L/C at sight in our favor.
 SHIPMENT : APR.30,2009
 SHIP FROM : SHANGHAI- CHINA
 SHIP TO : PUERTO QUETZAL

ITEM NO.	DESCRIPTION	QUANTITY	UNIT PRICE
----------	-------------	----------	------------

AMOUNT			FOB SHANGHAI
PT3289628	20" MTB TYPE 13-SPD 5Y CKD	150SETS	US\$ 31.40
4,710.00			

(C/AG-COBRA 20") PACKINGAS PER SPECIFICATION
 W/STICKER "COBRA/BLACK FULL BIKES"
 PAINTING PATTERN: YS-107
 COLOR:UPYS-728 & DYS-719-50PCS
 UPYS-705 & DYS-7453-50PCS
 UPYS-963 & DYS-964-50PC
 *THE FORK COLOR AS UP & D COLOR

PT3239603	24" MTB TYPE 13-SPD VAN, 5Y CKD	320SETS	US\$ 33.29
-----------	---------------------------------	---------	------------

10 552 58

(C/AG-COBRA 24") PACKINGAS PER SPECIFICATION
 W/STICKER "COBRA/BLACK FULL BIKES"
 PAINTING PATTERN: YS-107
 COLOR:UPYS-728 & DYS-719-50PCS
 UPYS-705 & DYS-7453-50PCS

UPYS-728 & D/Y8-7871-80PCS
UPYS-7483 & D/Y8-719-80PCS
UPYS-7764 & D/Y8-7762-80PCS
UPYS-963 & D/Y8-964-70PCS

**THE FORK COLOR AS UP & D COLOR

PT3289609 25' MTB TYPE 18-SPD MAN BY CKD 170SETS US\$ 35.20
5,984.00

(C/AG-COBRA 25') PACKINGAS PER SPECIFICATION
W/STICKER "COBRA/BLACK FULL BIKES"
PAINTING PATTERN: YS-107
COLOR:UPYS-963 & D/Y8-964-85PCS
UPYS-728 & D/Y8-719-85PCS
**THE FORK COLOR AS UP & D COLOR

640SETS US 521,346.80

wwwwww

SAY TOTAL SIX HUNDRED AND FOURTY SETS ONLY

SAY TOTAL US DOLLARS TWENTY ONE THOUSAND THREE HUNDRED AND FOURTY SIX
AND CENTS EIGHTY ONLY

--- SHIPPING MARK ---

--- SIDE MARK ---

AC-28043
PUERTO QUETZAL
C/NO.
MADE IN CHINA

CODE :
ITEM :
QTY :
N.W. :
GW. :
CUFT :
COLOR:

CONFIRMED BY:

YOUR SINCERELY,
GREEN TECH TRADING CO.,LTD

JACK TUNG - GENERAL MANAGER
E. & O. E.

SHUZ TUNG MACHINERY INDUSTRIAL CO., LTD.

NO. 1325, SEC. 1, CHUNG SHAN ROAD, TACHIA TOWN, TAICHUNG HSIEN, TAIWAN
 TEL:886-4-26831886 FAX:886-4-26836158 E-MAIL:stmc@shuztung.com.tw

QUOTATION

TO: Black Bull Bikes
 ATTN: Jennifer Boehm

DATE: AUGUST 25, 2009
 NO.: QL-9024

PAYMENT 1). 30% DOWNPAYMENT ON ORDER.

2). 70% BE SETTLED BEFORE SHIPMENT

DELIVERY: 100 DAYS AFTER CONFIRMATION

PACKAGE BY SEAWORTHY STANDARD WOODEN CRATE COMPLETED WITH ANTI-WATER AND ANTI-RUST TREATMENT.

VALIDITY: UP TO SEPTEMBER 25, 2009.

WARRANT 365 DAYS AFTER B/L DATE.

REMARKS (1) MACHINES WILL BE COMPLETED WITH STANDARD ONE SET OF TOOLING.

(2) MACHINES WILL BE COMPLETED WITH ENGLISH OPERATION MAINTENANCE MANUAL.

(3) INSTALLATION CHARGE IS NOT INCLUDED, EXTRA CHARGE AS BEL

A. ENGINEER WAGES: USD 200 /DAY

B. ROUND WAY AIR TICKET, MEAL AND HOTEL ARRANGEMENT WILL BE ON BUYER'S ACCOUNT.

C. BUYER HAS TO SUPPLY TECHNICIANS TO ASSIST INSTALLATION.

MODEL NO.	DESCRIPTION	QTY	UNIT	UNIT PRICE	AMOUNT
					CIF GUATEMALA USD
HT-60-06	AUTO NIPPLE TIGHTENING MC	2	SET	12,250	24,500
HT-60-07	AUTO SPOKE STABILIZER MC	2	SET	7,500	15,000
HT-60-08	AUTO WHEEL TRUEING MC	2	SET	18,000	36,000
HT-70-01	HEAD CUP/B.B. CUP PRESSING MC	1	SET	3,000	3,000
HT-70-02	FRONT FORK CUP PRESSING MC	1	SET	3,000	3,000
HT-70-13	VERTICAL B.B. CUP TIGHTENING M	1	SET	6,500	6,500
HT-70-07	COMPLETE BICYCLE ASSEMBLING CONVEYOR (\$5M)	1	SET	16,100	16,100
HT-70-30	AUTO CHAIN CUTTING MC	1	SET	6,500	6,500
TOTAL:					US\$110,600

SHUZ TUNG MACHINERY CO., LTD.


 JOY HUANG / SALES DEPARTMENT

Montacargas.



2004 CATERPILLAR FORKLIFT 8000 LB PNEUMATIC LPG 1500 HS

Item condition: **Used**
 Time left: 26 days 23 hours (Nov 20, 2009 13:14:22 PST)

Price: **US \$14,900.00**

or

Best Offer:

You can also:

www.ebay.com

http://cgi.ebay.com/2004-CATERPILLAR-FORKLIFT-8000-LB-PNEUMATIC-LPG-1500-HS_W0QQitemZ280413269625QQcmdZViewItemQQptZForklifts_Other_Lifts?hash=item4149eccc79

Compresor.



FREE shipping

Speedaire 1WD64 Air Compressor , 7.5 HP , 3 Phase

208/230/460 Volts , 80 Gallon Horizontal Tank , NEW

Item condition: **New**

Quantity: 2 available

Price: **US \$1,925.00**

or

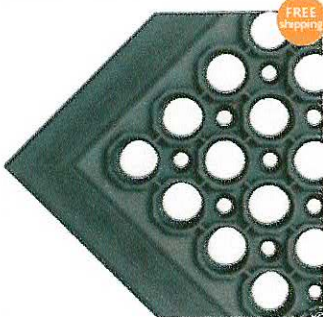
Best Offer:

You can also:

www.ebay.com

http://cgi.ebay.com/Speedaire-1WD64-Air-Compressor-7-5-HP-3-Phase_W0QQitemZ160349337403QQcmdZViewItemQQptZBI_Air_Compressors?hash=item255590b73b

Tapetes Anti Fatiga



FREE shipping

Anti Fatigue MATS 3x4' For People on Feet ! Xtra Thick

Item condition: **New**
 Time left: 4h 15m 44s (Oct 25, 2009 12:48:23 PDT)
 Bid history: 0 bids

Starting bid: **US \$17.99**

Your max bid: **US \$**
(Enter US \$17.99 or more)

or

Price: **US \$19.80**

You can also:

www.ebay.com

http://cgi.ebay.com/Anti-Fatigue-MATS-3x4-For-People-on-Feet-Xtra-thick_W0QQitemZ320437590225QQcmdZViewItemQQptZLH_DefaultDomain_0?hash=item4a9b9198d1

Carretilla



FREE shipping

NEW! Industrial Structural Service Cart-30L x 17W!!

Item condition: **New**

Time left: 10h 34m 46s (Oct 25, 2009 19:19:06 PDT)

Quantity: **1** 2 available

Price: **US \$129.95**

[Buy It Now](#)

You can also:

[Watch this item](#)

Shipping: **FREE shipping** UPS Ground | [See all details](#)
Estimated delivery within 3-8 business days

www.ebay.com

http://cgi.ebay.com/NEW-Industrial-Structural-Service-Cart-30L-x17W_W0QQitemZ300352590217QQcmdZViewItemQQptZBI_Carts_Trucks?hash=item45ee68d189



FREE shipping

NEW! Industrial Two Shelf Metal Cart-300-Lb. Capacity!!

Item condition: **New**

Quantity: **1** 3 available

Price: **US \$99.95**

[Buy It Now](#)

You can also:

[Watch this item](#)

Shipping: **FREE shipping** UPS Ground | [See all details](#)
Estimated delivery time varies. UPS delivers within 1-6 days after seller ships item

Returns: 30 day exchange, buyer pays return shipping | [Read details](#)

www.ebay.com

http://cgi.ebay.com/NEW-Industrial-Two-Shelf-Metal-Cart-300-Lb-Capacity_W0QQitemZ300263409358QQcmdZViewItemQQptZBI_Carts_Trucks?hash=item45e91806ce

Juegos de Herramientas



FREE shipping

17 in 1 Bicycle Mountain Bike Emergency Repair Tool Kit

Item condition: **New**

Quantity: **1** More than 10 available

Price: **US \$9.90**

[Buy It Now](#)

You can also:

[Watch this item](#)

Shipping: **FREE shipping** US Postal Service First Class Mail | [See all details](#)
Estimated delivery time varies. USPS delivers within 2-5 days after seller ships item

www.ebay.com

http://cgi.ebay.com/17-in-1-Bicycle-Mountain-Bike-Emergency-Repair-Tool-Kit_W0QQitemZ290305015840QQcmdZViewItemQQptZLH_DefaultDomain_0?hash=item4397870020

Cotización preliminar de terrenos y construcción

Jensifer Boehm de Masul
Asistente de Gerencia General
Black Bull Bikes



Guatemala, 15 Octubre de 2009

Estimada Sra. De Masul

Desearándole éxitos en sus labores diarias, aprovechamos para agradecerle el habernos tomado en cuenta para la cotización de su Planta de Ensamble de bicicletas.

Según las especificaciones que nos proporcionó, podemos ofrecerle un terreno muy similar, ubicado en Barcoena. El terreno cuenta con un área aproximada de 11,000 metros cuadrados, equivalentes a casi 16,000 varas.

Estas medidas difieren ligeramente de las que usted solicitó, pero es el terreno que tenemos disponible. Adicionalmente, analizamos sus áreas de expansión y demás áreas de parqueo, y nuestros ingenieros opinan que pueden ser reducidas sin afectar su producción. El terreno tiene un costo de \$ 475,000.00.

Con un precio base de Q 1,000.00 el metro cuadrado de construcción (esto es en materiales y acabados más económicos) el precio total de la construcción sería en Q 3,080,000.00, dentro del cual podemos incluirle los permisos y licencias. Los planos tienen un costo a parte, del 4.3% sobre la construcción. Proponemos reducir también las áreas a las siguientes cantidades, para obtener un precio más accesible:

Área de Empleo	Área en m ²
Bodega de Materia Prima	300
Bodega de Producto Terminado	667
Bodega de Ensamble	1238
Oficinas Nivel 1	147
Oficinas Nivel 2	147
Área de Empleados	270
Sala de Ventas	113
Área Total	3,080

Área Total m ²	3,080
Precio Unitario en Q/m ²	Q1,000.00
Precio Total de Construcción	Q3,080,000.00

Adicionalmente se debe considerar el movimiento de tierra para cortar las plataformas y nivelar el terreno, el cual tendría un costo de Q 225,300.00

Finalmente me gustaría reunirnos con usted para terminar de platicar sobre algunos detalles, para poderle dar ya los precios exactos, ya que los datos que proporcionamos en esta cotización son solo estimados.

Atentamente,

CONANOB, S.A.

Cotizaciones de la planta de ensamble

Terreno propuesta inicial

	Área en m2 normal	conversión m2 a varas2	Área en varas2	Precio unitario en \$/vara2	Total valor terreno
Precio	15,400.00	1.43	22,039.71	\$45.00	\$991,786.95

Terreno propuesta de la constructora

	Área en m2 mínima	conversión m2 a varas2	Área en varas2	Precio unitario en \$/vara2	Total valor terreno
Precio	11,000.00	1.43	15,000.00	\$15.00	\$225,000.00

Trabajos preliminares

	Porcentaje sobre la construcción	Costo de la construcción	Costo
Planos	3.5%	Q2,400,000.00	Q 84,000.00
Estudio de suelos			Q 25,000.00
Estudio de impacto ambiental			Q 15,000.00
Estudio de impacto vial			Q 8,000.00
Estudio de impacto visual			Q 3,000.00
Estudio de aguas y drenajes			Q 3,000.00
Pozo (menor a 700 pies cúbicos)			Q 100,000.00
Energía eléctrica, extensión de línea c/ 100 m			Q 60,000.00
Planta de tratamiento			Q 80,000.00
Asesoría legal, apertura de empresa			Q 6,000.00
Total estudios			Q 54,000.00
Total otros			Q 246,000.00

Movimientos de tierra

	Precio unitario	Cantidad	Total
Topografía trazo Q/m2	Q 1.00	15,400.00	Q 15,400.00
Corte capa vegetal Q/m3	Q 45.00	4,620.00	Q 207,900.00

TOTAL	Q 223,300.00
--------------	---------------------

Construcción propuesta constructora

Área de empleados	Área m2
Bodega de materia prima	450
Bodega de producto terminado	600
Bodega de ensamble	900
Oficinas nivel 1	100
Oficinas nivel 2	100
Área de empleados	150
Sala de ventas	100
Área total	2,400

Área total m2	2,400
Precio unitario en Q/m2	Q1,000.00
Precio total de construcción	Q2,400,000.00

Equipo y maquinaria

Descripción	Cantidad	Costo total	
		CIF Guatemala \$	Q
Máquina 1A: HT 60-084	2	\$ 36,000.00	Q 300,600.00
Máquina 1B: HT 60-70	2	\$ 15,000.00	Q 125,250.00
Máquina 1C: HT 60 -06	2	\$ 24,500.00	Q 204,575.00
Máquina 2: HT-70-01	1	\$ 3,000.00	Q 25,050.00
Máquina 3: HT-70-02	1	\$ 3,000.00	Q 25,050.00
Máquina 4: HT-70-131	1	\$ 6,500.00	Q 54,275.00
Máquina 5: HT-70-07	1	\$ 16,100.00	Q 134,435.00
Máquina 6: HT-70-30	1	\$ 6,500.00	Q 54,275.00
Compresor	1	\$ 1,925.00	Q 16,073.75
Motacargas	1	\$ 14,900.00	Q 124,415.00
TOTAL			Q 1,063,998.75

Mobiliario oficinas

	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Área admón.	Computadoras	31	Q 2,399.00	Q 74,369.00
	Teléfonos	31	Q 127.00	Q 3,937.00
	Archivos	10	Q 1,000.00	Q 10,000.00
	Impresoras	4	Q 1,000.00	Q 4,000.00
	Cafetera sala reuniones	1	Q 211.00	Q 211.00
	Escritorios	31	Q 1,229.00	Q 38,099.00
	Sillas área administrativa	63	Q 599.00	Q 37,737.00
	Amueblado salas	6	Q 9,135.44	Q 54,812.64
	Mesas para sala de reuniones	2	Q 12,943.54	Q 25,887.08
Cafetería	Cafetera industrial	2	Q 1,480.00	Q 2,960.00
	Estufa industrial	2	Q 15,500.00	Q 31,000.00
	Refrigeradora industrial	1	Q 16,300.00	Q 16,300.00
	Microondas	1	Q 995.00	Q 995.00
	Lavaplatos industrial	1	Q 10,000.00	Q 10,000.00
TOTAL			Q 249,052.72	

Mobiliario bodega y producción

	Descripción	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Área de prod.	Lockers	56	Q 450.00	Q 25,200.00
	Racks de materia prima	7	Q 7,460.00	Q 52,220.00
	Racks de producto terminado	4	Q 12,500.00	Q 50,000.00
	Mesas de preparación	10	Q 3,422.00	Q 34,220.00
	Herramientas	20	Q 1,350.00	Q 27,000.00
	Racks para el techo	6	Q 7,500.00	Q 45,000.00
Sala de ventas	Sillas	24	Q 599.00	Q 14,376.00
	Escritorios	4	Q 1,229.00	Q 4,916.00
	Computadoras	3	Q 2,399.00	Q 7,197.00
	Teléfonos	4	Q 127.00	Q 508.00
	Impresoras	1	Q 1,000.00	Q 1,000.00
	Archivos	2	Q 1,000.00	Q 2,000.00
	Mesa para reuniones	2	Q 12,943.54	Q 25,887.08
	Estufa pequeña	1	Q 3,925.00	Q 3,925.00
	Microondas pequeño	1	Q 995.00	Q 995.00
	Refrigeradora pequeña	1	Q 3,048.00	Q 3,048.00
	TOTAL			Q 297,492.08

TIR	Ventas en Unidades en CA	Precio de Venta sin IVA	Tipo de Cambio	Mano de Obra Directa	Mano de Obra Indirecta	Gastos de Internación	ISR	Gastos de Administración y Venta	Precio FOB \$
-50%	#NUM!	#NUM!	35.62%	12.82%	12.82%	23.34%	19.33%	12.50%	45.32%
-45%	#NUM!	#NUM!	32.74%	12.13%	12.13%	22.05%	16.47%	12.29%	41.50%
-40%	#NUM!	#NUM!	29.93%	11.54%	11.54%	20.82%	17.50%	12.08%	37.91%
-35%	#NUM!	#NUM!	27.20%	11.75%	11.74%	19.54%	16.72%	11.87%	34.25%
-30%	#NUM!	#NUM!	24.55%	11.55%	11.55%	18.25%	15.34%	11.55%	30.55%
-25%	#NUM!	#NUM!	21.96%	11.86%	11.86%	16.57%	14.55%	11.45%	27.10%
-20%	#NUM!	#NUM!	19.45%	11.17%	11.17%	15.65%	14.05%	11.24%	23.51%
-15%	#NUM!	#NUM!	17.09%	10.57%	10.57%	14.37%	13.15%	11.02%	20.19%
-10%	-14.89%	-14.89%	14.77%	10.76%	10.76%	13.05%	12.24%	10.81%	16.84%
-5%	-1.40%	-1.40%	12.54%	10.58%	10.58%	11.75%	11.32%	10.50%	13.57%
0%	10.39%	10.39%	10.35%	10.35%	10.35%	10.55%	10.35%	10.39%	10.39%
5%	21.14%	21.14%	8.32%	10.20%	10.20%	9.04%	9.46%	10.13%	7.31%
10%	31.21%	31.21%	6.33%	10.00%	10.00%	7.85%	8.51%	9.97%	4.33%
15%	40.80%	40.80%	4.43%	9.81%	9.81%	6.31%	7.55%	9.75%	1.45%
20%	50.05%	50.05%	2.59%	9.61%	9.61%	4.93%	6.50%	9.54%	-1.32%
25%	59.03%	59.03%	0.84%	9.42%	9.42%	3.53%	5.63%	9.33%	-3.97%
30%	67.82%	67.82%	-0.85%	9.22%	9.22%	2.12%	4.55%	9.12%	-6.52%
35%	76.44%	76.44%	-2.47%	9.02%	9.03%	0.65%	3.67%	8.90%	-8.95%
40%	84.95%	84.95%	-4.02%	8.83%	8.83%	-0.75%	2.67%	8.69%	-11.25%
45%	93.35%	93.35%	-5.50%	8.63%	8.63%	-2.21%	1.65%	8.43%	-13.47%
50%	101.67%	101.67%	-6.98%	8.43%	8.44%	-3.65%	0.64%	8.25%	-15.53%

