



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN
CIENCIAS
Y TECNOLOGÍA DE LA MADERA**



DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

**OPTIMIZACIÓN DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIAS
PRIMAS FORESTALES EN LA EMPRESA FORESTAL DE NUEVO SAN JUAN
PARANGARICUTIRO.**

**TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRÍA EN CIENCIAS Y
TECNOLOGÍA DE LA MADERA PRESENTA:**

ANAYANTZI JEANETTE GUZMÁN FUERTE

DIRECTOR DE TESIS:

DR. FRANCISCO JAVIER CASTRO SÁNCHEZ

CO DIRECTOR DE TESIS:

M.C HÉCTOR MANUEL SOSA VILLANUEVA

Tesis apoyada por:



Morelia, Michoacán junio de 2013

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primeramente a mis padres por guiarme por buen camino y por apoyarme siempre incondicionalmente en todos los aspectos, y gracias a ello poder alcanzar mis metas y cumplir mis objetivos.

Agradezco a mi familia que me han apoyado a lo largo de mi vida, y han participado en mi formación.

A mis asesores Dr. Francisco Javier Castro Sánchez y M.C Héctor Manuel Sosa Villanueva, a todos mis maestros de la Maestría en Ciencias y Tecnología de la Madera por sus conocimientos transferidos.

Agradezco a la Empresa Forestal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro y a su gente que me brindo el apoyo para la realización de esta investigación.

A las instituciones que apoyaron esta investigación al Consejo Estatal de Ciencia y Tecnología y al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

INDICE.

Introducción.	1
Justificación.	9
Objetivos.	10
Capítulo 1. Antecedentes.	11
1.1. Aspectos metodológicos del proceso de abastecimiento de materias primas forestales.	12
1.1.1. Proceso de abastecimiento de materias primas forestales maderables.	12
1.1.2. Productividad en el abastecimiento.	18
1.1.3. Calidad en el abastecimiento.	19
1.1.4. Problemáticas en el proceso de abastecimiento	22
1.2. Aspectos metodológicos del control de calidad y la mejora continua.	24
1.2.1. Calidad total.	24
1.2.2. Circulo de Deming (PVHA).	28
1.2.3. Proceso esbelto.	29
Capítulo 2. La Empresa Forestal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.	31
2.1. Antecedentes históricos.	32
2.2. Localización geográfica.	34
2.3. Organización de la empresa.	35
Capítulo 3. Metodología.	40
3.1. Herramientas de control de calidad.	41
3.1.1. Diagrama causa- efecto o de Ishikawa.	41
3.1.2. Histograma.	43
3.1.3. Diagrama de Pareto.	44
3.1.4. Hoja de verificación.	45
3.1.5. Cartas de control.	46
3.1.6. Diagrama de operaciones del proceso.	48
3.2. Metodología empleada: el ciclo PHVA.	49
3.3. Materiales y equipo.	53
Capítulo 4. Estado actual del proceso.	55
4.1. Definición del problema.	66
4.2. Delimitación del área de estudio.	57
4.3. Descripción del proceso de abastecimiento	60
4.4.1. Personal del proceso.	61

4.4.2.	Derribo y dimensionado en rollo comercial.	62
4.4.3.	Arrastre y dimensionado en trocito y celulósico.	62
4.4.4.	Estibado.	63
4.5.	Productos y especificaciones de las materias primas forestales	64
Capítulo 5.	Análisis y diagnóstico del proceso.	67
5.1.	Posibles causas.	70
5.1.1.	Mano de obra.	71
5.1.2.	Maquinaria y equipo.	79
5.1.3.	Material.	80
5.1.4.	Mediciones.	84
5.1.5.	Medio ambiente.	85
5.1.6.	Método.	97
5.2.	Proceso esbelto.	91
	Conclusiones y recomendaciones	92
	Bibliografía.	102
	Anexos.	108

INDICE DE FIGURAS

Figura. 1. Importancia de los bosques.	7
Figura. 1.1. Calidades del árbol.	20
Figura. 2.1. Ubicación de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan	36
Figura. 2.2. Organigrama de la empresa de CINSJP	38
Figura. 3.1. Diagrama de Ishikawa.	42
Figura. 3.2. Carta de control estadístico.	47
Figura. 4.1. Área de abastecimiento dentro del Organigrama de la empresa	57
Figura. 4.2. Diagrama de operaciones, siguiendo al producto.	59
Figura. 4.3. Diagrama de Pareto para las especies.	66
Figura. 5.1. Distribución de producción del pino en el año 2011.	68
Figura. 5.2. Diagrama de Ishikawa del proceso de abastecimiento.	70
Figura. 5.3. Diagrama de Pareto de las causas de desperdicio de rollo comercial.	73
Figura. 5.4. Precios Libre a Bordo en brecha para trocería y precios para madera en pie por metro cúbico.	76
Figura. 5.5. Histograma de frecuencias de longitudes del trocito.	78
Figura. 5.6. Grúa 3 del área de abastecimiento forestal	80
Figura. 5.7. Histograma de las longitudes de rollo comercial a 3.10mts	82
Figura. 5.8. Histograma de las longitudes de rollo comercial a 2.56mts	83
Figura. 5.9. Histograma de las longitudes de rollo comercial a 4.93mts	83
Figura. 5.10. Histograma de las longitudes de rollo comercial a 6.10mts	84
Figura. 5.11. Vara de los motosierristas para dimensionar.	85
Figura. 5.12. Altura de las caras de resinación	86
Figura. 5.13. Productos trocito del área de abastecimiento forestal	88
Figura. 5.14. Diagrama de Ishikawa del flujo del proceso.	89

INDICE DE TABLAS

Tabla. 3.1. Ocho pasos para la solución de un problema, ciclo PVHA.	50
Tabla. 3.2. Tabla. de frecuencias de las especies para diagrama de Pareto	51
Tabla. 3.3. Hoja de verificación para determinar rendimiento del árbol	52
Tabla. 3.4. Tabla. Para análisis de trocito.	52
Tabla. 3.5. Hoja de Verificación de longitud de la troza.	53
Tabla. 4.1. Tabla. De clasificación y especificaciones de los productos	65
Tabla. 4.2. Tabla. De volumen autorizado para el año 2012	65
Tabla. 5.1. Causas de desperdicio de rollo comercial	73
Tabla 5.2. Tarjeta de especificaciones de utilidad	74
Tabla. 5.3. Resumen de datos de trocitos.	75
Tabla 5.4. Ganancias de la estandarización de los diámetros de primario a secundario de pino.	75
Tabla. 5.5. Frecuencias de longitudes para trocito	76
Tabla. 5.6. Desperdicio del dimensionado en rollo comercial	77
Tabla. 5.7. Actividades del proceso para la detección de mudas	81

INTRODUCCIÓN.

Diversos estudios han sido efectuados para describir, analizar, evaluar o explicar las condiciones del abastecimiento de materias primas forestales a las industrias que las procesan, y su enfoque o especificidad es variada, llegando a detectarse planteamientos de que debe existir compatibilidad entre el aprovechamiento forestal con el medio ambiente asociado con una planificación de las fases de las operaciones de aprovechamiento en la amazonia brasileña (FAO, 1998).

Asimismo, en relación a otro tipo de materias primas fibrosas, existen aportaciones en cuanto al aprovechamiento de la materia prima del bambú en relación a lo que implica el proceso de abastecimiento que tiene elementos similares a las materias primas forestales (De la Cruz y André, 1990). Por su parte, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO (Food and Agriculture Organization por sus siglas en Inglés) resalta la importancia de que exista compatibilidad entre el aprovechamiento forestal del medio ambiente asociado con una planificación de las operaciones de aprovechamiento en la amazonia brasileña (FAO, 1998). Algo similar es cuando se menciona que la extracción del recurso forestal debe hacerse pensando en su protección y empleando la técnica apropiada para alcanzar el objetivo principal, que es el obtener la mayor producción con la máxima eficiencia y el más bajo costo (Freuenholz, 1975).

Para el caso de México, y considerando las diversas etapas que comprende el proceso de abastecimiento de materias primas forestales, en el trabajo “Viejos y Nuevos Problemas en el Sector Forestal”, se tiene referencia de problemas vinculados a esta etapa, entre los cuales se pueden mencionar los siguientes (Jardel, 2006):

- a) Aprovechamiento clandestino de recursos forestales.
- b) Conflictos e inseguridad en la tenencia de la tierra.

- c) Rentismo y baja participación de los dueños y poseedores de tierras forestales en la producción.
- d) Falta de integración en la cadena productiva forestal.
- e) Deficiencias en las prácticas de manejo forestal.
- f) Tecnología de transformación obsoleta.
- g) Baja productividad (y tendencias descendentes en la actividad forestal).
- h) Limitaciones en la investigación y desarrollo tecnológico y cuestionamiento de pertinencia.
- i) Limitaciones en capacidades técnicas y profesionales.

Existen ejemplos del trabajo que se realiza en algunos de los bosques de México, específicamente en cuanto al rendimiento operacional y el impacto directo de las operaciones forestales que se generan en el arbolado residual (Aguirre & Villanueva, 2008). En tal sentido, Rojas (1995) argumenta que no existe una clara integración entre el bosque y la industria, ya que el sector forestal se ha dividido en dos componentes: el sector forestal protector, cuya meta es asegurar la perpetuidad en el uso y manejo de los recursos naturales por la vía de la conservación, y el sector forestal industrial, cuya meta es lograr abastecer por la vía del manejo forestal las necesidades tangibles de productos forestales que la sociedad requiere, entre otros no reconocidos.

En México, Moreno Sánchez (1984) menciona que el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales (INIF), ha llevado a cabo varios estudios de caracterización de las operaciones de abastecimiento entre los que destacan los trabajos de Návar *et al.* (1979); Gómez (1982); Hernández *et al.* (1982); Blancarte y Hernández (1982); Pérez *et al.* (1982); y Villagómez y Gómez, (1983), entre otros. En estos estudios se ha tenido como propósito conocer las características de la producción lograda con los sistemas de trabajo, las máquinas y herramientas actualmente utilizadas para el abastecimiento de productos forestales, así como encontrar los aspectos críticos que interfieren en el aumento de la productividad del abastecimiento y contar con información confiable para formular programas

específicos de investigación que se enfoquen a la solución de los puntos críticos identificados. Los trabajos de investigación aludidos han sido utilizados como metodología básica para los estudios de tiempos y movimientos de las labores de abastecimiento y están orientados a establecer un vínculo con la industria forestal nacional, la cual tiene características heterogéneas, y abarca desde instalaciones obsoletas hasta otras muy modernas; sin embargo, en su mayoría acusa rezago tecnológico y es poco competitiva. No logra satisfacer el creciente consumo nacional con competitividad a escala internacional (Valencia, 1999).

Lo anterior, tiene sus causas en factores básicos que no se han atendido en forma puntual para revertir esta tendencia, dentro de los cuales se pueden citar: (1) Capacidad instalada de producción que rebasa la capacidad de abasto del recurso natural; (2) maquinaria obsoleta no apta a la realidad de los diámetros de las masas forestales; (3) escasa cooperación entre industriales y centros de investigación para desarrollar tecnologías que efficienten los procesos de producción; (4) ausencia en el valor agregado a los productos dentro de las regiones forestales; (5) altos costos de transporte; (6) no existe un control de calidad en los procesos de producción, lo que trae como consecuencia que el país pierda posibilidades de competir en mercados internacionales con productos de calidad y que el déficit de la balanza comercial forestal sea una de las más altas del mundo (Tolosana, González, & Santiago, 2004).

Ante tal perspectiva, el estudio del trabajo forestal se vuelve una necesidad a pesar de las dificultades que implica su desarrollo. Es necesario generar información técnico científica sobre el rendimiento del trabajo forestal y evaluar la calidad de los productos obtenidos para garantizar su comercialización y evitar una baja competitividad en la industria. En tal sentido puede mencionarse que cobran relevancia investigaciones que han efectuado aportaciones en cuanto a los aspectos siguientes: el control total de calidad con la participación de todos los empleados, incluyendo al presidente (Ishikawa, 1986); el uso de herramientas matemáticas como la programación lineal (Berger, Timofeiczuk, Carnieri, y J.S.,

2002; Eriksson,1983; Hofle, 1971; Smith y Hareell, 1961; Moreno *et al.*,1985); aplicación de modelos de transporte para determinar el número adecuado de plantas industriales así como su tamaño y localización (Cardenas, 1981), lo cual tiene estrecha vinculación con la rentabilidad de las actividades forestales (Egger, 1982; Vera, 1982; Villagómez y Gómez, 1983; Sixaas, 1985);

Por otro lado han existido varios trabajos que aportan elementos que contribuyen en la toma de decisiones a partir de las condiciones de los procesos de abastecimiento que existen, de lo cual conviene destacar: Donatti (1983) destaca la importancia de estudiar las operaciones forestales ya que representan la composición de costos que tiene la madera; Mendoza (1995) realizó un trabajo acerca de la máquina más común en México para arrime de trocería: Tarnowski, Scheneider, y Machado, (1999) ajustaron ecuaciones para estimar el tiempo de las actividades de un sistema de abastecimiento de *Eucalyptus* spp en el estado de Bahía, Brasil; Ferreira (2000) enuncia algunas metodologías que engloban el estudio del tiempo y el trabajo a partir del análisis de regresión de las actividades forestales; Tolosana *et al.* (2002), desarrollaron, mediante técnicas de estudio de tiempos por cronometraje, ecuaciones predictivas del rendimiento y costo de los trabajos de aclareos mecanizados de *Pinus silvestrys* en España:

Para el caso del presente trabajo de investigación, efectuado en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP), Municipio de Nuevo Parangaricutiro, existe información reflejada en fuentes diversas que dan cuenta de sus condiciones, características, y vinculación social, económica y forestal, así como de su proceso histórico que la han posicionado como una empresa forestal social modelo siendo esto reflejado en diversos estudios entre los que, según Castro (2012) se pueden referir a: Pulido y Bocco, 2003; Cortés, Velázquez, Torres, y Bocco, 2003; Bofill, Bosque político: Los avatares de la construcción de una comunidad modelo, San Juan Nuevo, Michoacán, 1981-2001, 2005; Barraza, L. 1998; Barton y Merino, 2004; Garibay, La transformación del comunismo forestal identidad comunitaria, empresa social y poder corporado en el México

contemporáneo, 2005; Masera, Masera y Navia, 1998; Justí, Aguilar, Uribe y Chávez, s/f; Aguillón, 2007; Velázquez, Torres y Bocco, 2003 y SmartWood, 2006, entre otros.

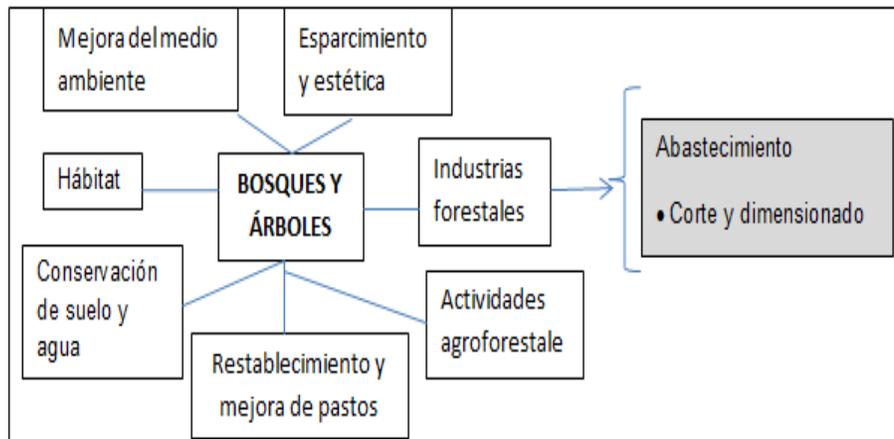
De lo anterior, importante es señalar que, siendo el proceso de abastecimiento forestal el objeto de estudio del cual se han identificado aspectos que son relevantes de análisis por el impacto que se tiene en la rentabilidad y eficiencia en el proceso del abastecimiento, el eje central comprendió tres aspectos: la etapa de derribo del árbol, su dimensionado para la obtención de materias primas forestales y el arrastre a punto de carga. Esto ha sido descrito y analizado para determinar una propuesta de optimización que permite hacer eficiente su productividad y rendimiento en productos, recurriendo para tal efecto al uso de herramientas conocidas como proceso esbelto y metodología de las 5's.

JUSTIFICACIÓN.

Diversos son los aspectos que justifican la necesidad de impulsar investigaciones en el sector forestal, e importante es tener una visión no sólo tecnológica o industrial, sino que sea identificada esa vinculación industrial, social, ambiental y económica que se genera en torno a los bosques y árboles. Por ejemplo, los aprovechamientos y las actividades que se desarrollan en los bosques suelen acarrear situaciones que influyen en aspectos más amplios y diversos como el empleo, las inversiones, el valor agregado y derivado del árbol, las políticas administrativas, operativas y de innovación incorporadas en los procesos industriales. Aunado a lo anterior, las intervenciones destinadas a introducir cambios que rompan esquemas e ideologías de trabajo para optimizar procesos y resultados en el aprovechamientos de materias primas forestales influyen en las diversas actividades que inciden en las relaciones sociales de la organización y en la eficiencia de los aprovechamientos forestales (Gregersen, Arnold, Lungren, Contreras, Montalembert, & Gow, 1995a)

De acuerdo a lo anterior y a la importancia de los bosques (Figura 1), una investigación como la presente, en la que se pretende efectuar una propuesta de optimización en el área de abastecimiento requiere de ser insertada en un marco analítico que permita determinar tanto el eje central de atención como el respectivo análisis y propuesta de mejora.

Figura 1. Importancia de los bosques.



Fuente: Instituto de Investigación Forestal de Kenya, 1987, citado por Gregersen y otros, 1995a:11.

Específicamente en cuanto al abastecimiento en el sector forestal, en el Plan Estratégico Forestal 2025 (PEF), se destaca que entre las debilidades del aprovechamiento e industria forestal maderera la optimización de las técnicas de troceo es una opción todavía poco utilizada en México, lo que se refleja en pérdidas económicas del valor potencial de trozas de largas dimensiones y en los siguientes aspectos (CONAFOR, 2011):

- a) Los trabajadores son sujetos a un alto riesgo de accidentes laborales.
- b) Existe una falta de sincronización de la cadena productiva.
- c) Los resultados de estas ineficiencias se reflejan en pérdidas volumétricas y cualitativas de la materia prima para la industria.
- d) La falta de seguridad del flujo de abasto motiva un almacenamiento no óptimo.
- e) Los beneficios económicos de la cadena productiva no son significativos, por lo que el control de la calidad de la madera puede incrementar el valor agregado.

Por su parte autores como Baluarte (1995) detecta los principales problemas y debilidades que afronta abastecimiento forestal, resumiendolos en:

- a) La extracción forestal

- Reducido número de especies aprovechadas y en consecuencia, bajos volúmenes y altos costos de extracción.
- Deficiente empleo de maquinaria de extracción de bajos rendimientos y altos costos.
- Deficiente planificación de las labores de extracción.
- Falta de una tecnología, equipos y maquinaria apropiados, para trabajar en época de lluvias, lo que impide un flujo continuo de madera del bosque a las industrias.

b) La industria forestal

- Deficiente abastecimiento de madera rolliza, principalmente porque las industrias no cuentan con bosques propios.
- Maquinaria obsoleta que impide la obtención de productos de calidad.
- Escasez de personal de mando medio y obrero calificado.
- Ausencia de normas técnicas.
- Insuficiencia de capital de trabajo.
- Baja calidad de los productos. La industria forestal está dimensionada para la producción nacional.
- Baja utilización de la capacidad instalada.
- La exportación se realiza de madera aserrada y láminas de pocas especies. Deben industrializarse, en la región, productos con mayor valor agregado para su exportación, como mueblería, parquet, molduras, piezas torneadas, artesanías, etc (Baluarte, 1995).

La orientación de investigaciones en el sector forestal parten de la importancia en la vinculación que existe entre los beneficios que el sector rural obtiene cuando los aprovechamientos y procesos de transformación son efectuados de manera eficiente, ya que en gran medida esto permite aportar sustento a las comunidades forestales contribuyendo a la nutrición, ingresos, distribución de bienes, estabilidad familiar. Caso contrario cuando en el sector forestal no se establecen aprovechamientos adecuados y eficientes existen

condiciones para que se disminuyan sus aportaciones y se contribuya a su deterioro o a su fragmentación (Gregersen, *ob.cit.* 1995:16).

Con este estudio se desea analizar algunas de esas debilidades en el aprovechamiento forestal, mediante la aplicación de herramientas de calidad total para la interpretación, comprensión, diseño, programación y control de sistemas productivos por que permita gestionar, implementar y establecer estrategias de optimización a fin de lograr el máximo rendimiento del proceso de abastecimiento de materias primas forestales de la empresa forestal de San Juan Nuevo Parangaricutiro.

OBJETIVO GENERAL

Proponer estrategias eficientes para maximizar el aprovechamiento del árbol y optimizar el proceso de abastecimiento mediante la metodología del círculo de Deming con la aplicación de herramientas de calidad y proceso esbelto.

OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- a) Conocer y evaluar el estado actual del proceso de abastecimiento en la empresa forestal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro (CINSJP)
- b) Establecer formatos y herramientas que se aplicarían para la optimización del proceso de abastecimiento.
- c) Analizar el proceso y los rendimientos mediante la aplicación de metodología PVHA (por sus siglas planear, hacer verificar y actuar) apoyado de las herramientas de calidad total.
- d) Proponer mejoras dentro del proceso abastecimiento que aumente el rendimiento de los productos primarios (rollo comercial, trocito, celulósico) y mejore la calidad

Capítulo 1.

ANTECEDENTES.

1.1. ASPECTOS METODOLOGICOS DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS FORESTALES.

1.1.1 PROCESO DE ABASTECIMIENTO DE MATERIAS PRIMAS FORESTALES MADERABLES.

Según Dykstra y Heinrich un sistema de abastecimiento industrial de madera, también puede ser llamado sistema de colecta de madera, consta de tres actividades u operaciones básicas: corte, derribo, arrastre y transporte, y contienen sub-operaciones tales como desrame, troceo y carga las cuales a su vez pueden contar con el apoyo de una planeación, control operacional de costos y recursos humanos (Dykstra & Heinrich, 1996).

Santillán definió al abastecimiento forestal de la madera como toda serie de operaciones que se realizan para convertir los árboles en pie, en las materias primas que utiliza la industria forestal, incluye la movilización del material desde el bosque hasta los patios de concentración de la industria; forma también parte del abastecimiento forestal el trazo y construcción de las brechas y caminos forestales. Mencionó también, que por las características que revisten las operaciones del abastecimiento, en las que una pequeña variación afecta drásticamente los costos, se hace indispensable una cuidadosa planeación de las mismas ya que involucra decisiones como: elegir las mejores vías de saca, seleccionar los equipos de corte, arrastre y transporte; designar al personal para cada operación y todo esto con la mayor eficiencia posible (Santillan, 1986).

También conocido como aprovechamiento forestal de la madera, Tolosano lo define como una actividad de un sector de la sociedad para satisfacer ciertas necesidades de su conjunto, comprende las operaciones cuyo objetivo es la extracción de la madera como producto renovable de los montes y su puesta a disposición de los usuarios inmediatos, que son las industrias de transformación

primaria. Ello supone un cambio de propiedad de esta madera, que pasa de los propietarios forestales a las industrias y por ello la actividad del aprovechamiento se encuadra en un mercado, el mercado de la madera antes de su primera transformación o mercado de la madera en rollo (Tolosana, González, & Santiago, 2004).

Mientras que la FAO define al aprovechamiento forestal como el conjunto de todas las operaciones, incluidas la planificación previa y la evaluación posterior, relacionadas con el apeo de los árboles y el desembosque de sus troncos u otras partes aprovechables para su posterior transformación en productos industriales (FAO, 2012).

El proceso de aprovechamiento forestal son las actividades de enlace entre el bosque y la industria, tales como derribo, arrime, carga, construcción y mantenimiento de caminos y transporte hasta los patios de la industria. También se considera como la parte de la producción forestal secundaria o extracción de trasería y leñas que consiste en la conversión de árboles en pie en otras materias primas para la industria forestal, incluye las operaciones para movilizar el material de bosque hasta el lugar de entrega, ya sea industria o centro de consumo (CONAFOR, 2008).

El abastecimiento forestal, es una actividad rica en operaciones y métodos de trabajo, las cuales requieren de intenso esfuerzo humano para ser desarrolladas, sobre todo, cuando se refiere al abastecimiento maderable, comprendiendo actividades que van desde el derribo de árboles, hasta la carga y transporte, requiriendo distinto nivel de conocimiento, especialización o destreza, según se requiera un trabajo intelectual o físico (Sánchez, 1993).

El objetivo meta de la actividad forestal consiste en satisfacer las necesidades y expectativas de bienes y servicios del bosque, beneficiando al mayor número de personas de manera sostenible en el tiempo (Rojas, 1995).

De acuerdo al tipo de industria por abastecer y buscando la mayor eficiencia en las operaciones, se puede elegir entre tres diferentes alternativas de abastecimiento: abastecimiento de árbol completo, abastecimiento de fuste completo, abastecimiento de trozo. Con excepción del derribo que es prácticamente igual para todos los casos, todas las demás operaciones son diferentes para cada tipo de abastecimiento (Ibid).

Abastecimiento de árbol completo. Consiste en la movilización del árbol completo, naturalmente que por las dificultades que implica es muy poco utilizado, solamente para la cosecha de árboles de navidad. No se usa principalmente por el alto costo de inversión, el desplazamiento de la mano de obra (debido a la alta mecanización de los trabajos), la carencia de personal calificado, los métodos silvícolas aplicados no congruentes con el método aprovechamiento y por no contar en la mayoría de las zonas forestales del país con industrias forestales integradas (Ibid).

Abastecimiento de fuste completo.- Consiste en movilizar el tronco sin el ramaje, esta alternativa se puede llegar a utilizar cuando se cosechan grandes volúmenes para ser movilizados a grandes distancias de arrime; o bien, para arrastrar productos que se obtienen de los aclareos. El método de fuste completo no es totalmente compatible con el método silvícola de selección, dado que si no se aplican en forma adecuada los principios de planeación y organización de los trabajos de abastecimiento, se pueden ocasionar serios daños a la masa residual (Ibid).

Abastecimiento de trozo. Consiste en la movilización de secciones del fuste sin ramas, las dimensiones de dichas secciones varían de 8 a 20 pies de largo y de ellas se abastece a la industria del aserrío, por su simplicidad y baja exigencia de capital, además de ser el más apropiado para el aprovechamiento

con el método silvícola de selección el cual se ha aplicado ampliamente en los bosques mexicanos (Santillan, 1986).

Diversos son los conceptos que deben de definirse para tener una mejor comprensión de algunas de las actividades que son inherentes al proceso de abastecimiento, algunos de los cuales son los siguiente.

a) Madera en rollo. Madera en estado natural una vez apeado el árbol, con o sin corteza; puede ser redonda, rajada, escuadrada o en otras formas. (FAO, 2012).

b) Derribo. La FAO lo define como proceso de derribar un árbol en pie (Ibid). Llevándose por medio de distintas técnicas para la que se cuenta con diversos medios o formas de organización del trabajo. (Tolosana, González, & Santiago, 2004).

Esta operación consiste en separar el árbol de su pie. Para efectuar el derribo se elige primero la dirección de caída, esto se hace en función de la inclinación natural del árbol, excepto cuando se requiere dirigir la caída hacia otro lado para no afectar construcciones, renuevo u otros árboles en cuyo caso se utiliza el derribo direccional que consiste en introducir cuñas de plástico, madera o aluminio en el corte contrario hacia donde se pretende hacer caer el árbol (Santillan, 1986).

El derribo incluye todas las actividades dirigidas a cortar los árboles en pie y prepararlos para su extracción. La operación de derribo comprende el corte del árbol en pie, su medición para determinar el tamaño idóneo de las trozas, el desramado y el trozado del tronco (y a veces también de las ramas más grandes) en trozas. La operación de corta comprende también cuando corresponda el descortezado del tronco. El derribo es una de las actividades industriales más arriesgadas. Los árboles son grandes y pesados y caen con

una enorme fuerza que puede aplastar o arrancar árboles contiguos. Sus ramas pueden despedazarse y salir despedidas en todas direcciones. El árbol caído puede rodar o deslizarse cuesta abajo y su tronco quebrarse en fragmentos que salten y rueden de forma incontrolable. Todo ello hace necesario que la seguridad y la capacitación ocupen un lugar de primer orden en dichas operaciones (Dykstra & Heinrich, 1996).

c) Desrame. objetivo del desrame es tener un corte limpio de las ramas con una superficie al mismo nivel de la troza para facilitar el arrastre, evitar daños al suelo y a otros árboles y para apilar la madera de una forma adecuada en el camión, esta operación puede realizarse con hacha o motosierra, en el caso de ramas con diámetros pequeños es recomendable hacerlo con hacha para descansar el cuerpo y minimizar gastos, la motosierra se sugiere utilizar cuando el diámetro de las ramas es grande (Tanner, 1996).

d) Dimensionado y troceo. El dimensionado o definido por Meza como troceo es la etapa de aprovechamiento forestal que consiste en seccionar el fuste del árbol de acuerdo a los productos a obtener ya sea madera para construcción, tarimas, muebles, etc., de tal forma que se maximice la cantidad de madera aprovechable del fuste y se faciliten las operaciones siguientes del proceso, como lo son la carga, cubicación, transporte y aserrío. El troceo se puede realizar en diferentes sitios, según sea el sistema de aprovechamiento utilizado: al pie del tocón, en el patio de carga o en el patio de industria (Meza, 2004). Es el proceso en virtud del cual un árbol tirado y desramado es cortado en trozas o trozos, el troceo se realiza eficientemente con la motosierra aunque también se realizaba con sardina, las medidas de las trozas se fijan por la industria y buscando la utilización más eficientemente del fuste o del árbol. Las medidas más comunes de las trozas para abastecer la industria del aserrío son de 8, 16 y 20 pies

(Santillan, 1986). El control del tamaño es un elemento crítico del programa de control de calidad (Sosa Villanueva, 1990)

e) Arrastre. La saca o arrastre es el proceso de transporte de los árboles o rollizos desde la zona de corta hasta un cargadero o un apartadero en la carretera donde serán convertidos en trozas o apilados junto a otros árboles para su transporte a la fábrica de elaboración o hacia otro destino final. Existen varios sistemas de saca reconocidos: Arrime manual. Utilizando la fuerza humana y ayudándose con ganchos, se jalan las trozas por carriles, a favor de la pendiente y acercan hasta la orilla de los caminos. Arrime con animales. Se pueden emplear caballos, mulas, burros o bueyes Arrime mecanizado. El equipo mecanizado que se utiliza para el arrime es muy variado este autor lo clasifica en tres grupos; tractores, sistemas de cables (motogrúas) y arrime aéreo. (Santillan, 1986). Con independencia del sistema de explotación maderera que se emplee, la saca es una operación difícil y arriesgada que puede causar graves daños a los ecosistemas forestales (Dykstra & Heinrich, 1996).

1.1.2. Clasificación y apilado. Una vez troceados los fustes, las trozas deben clasificarse por especie y por dimensión y apilarse en un lugar que facilite la operación de carga. Un buen apilado se logra con trozas rectas, sin ramas ni abultamientos, las cuales se clasifican por largo y diámetro. Esta clasificación facilita la carga, el cubicaje, el transporte y el trabajo en el aserradero. La selección del sitio para el apilado de la madera, depende del método de carga a utilizar. (Meza, 2004). En los puntos de carga se clasifican o almacenan temporalmente las trozas en plataformas para luego transportarlas a las fábricas de elaboración o a otro destino final. Los cargaderos son lugares concurridos y ruidosos ya que generalmente están en funcionamiento grandes máquinas y motosierras para igualar los troncos irregulares o eliminar las ramas que pudieran haber olvidado cortar los miembros del equipo de corta (Dykstra & Heinrich, 1996).

1.1.3. PRODUCTIVIDAD EN EL ABASTECIMIENTO.

La productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados, la productividad se debe relacionar con unidades de tiempo-recurso, para lo cual existen varias opciones, por ejemplo: hora-hombre, hora-brigada, hora-máquina, etc, según las condiciones y el punto de interés primordial. Elevar la productividad significa producir más con la misma cantidad de recursos, o bien producir lo mismo pero con menos recursos (Organización Internacional del Trabajo, 1996)

Gutiérrez menciona que tradicionalmente la productividad se mide por el cociente entre la salida o resultado total y las entradas (o recursos) totales que se requirieron para producir dichas salidas. En general la productividad se mide por el cociente formado por los resultados logrados y los recursos empleados. Los resultados logrados pueden medirse en unidades producidas, en piezas vendidas o en utilidades, mientras que los recursos empleados pueden cuantificarse por número de trabajadores, tiempo total de empleado, horas maquinas, etc. En otras palabras, la medición de la productividad resulta de valorar adecuadamente los recursos empleados para producir o generar ciertos resultados. La productividad vista así tiene dos componentes: eficiencia (del total de recursos cuántos fueron utilizados y cuantos desperdiciados) y eficacia (de los resultados alcanzados cuántos cumplen los objetivos o requisitos de calidad) (Gutierrez Pulido, 2005).

Productividad: mejoramiento Continuo del sistema del sistema. Más que producir rápido, se trata de producir mejor.

$$\begin{array}{rclcl} \text{Productividad} & = & \text{Eficiencia} & \times & \text{Eficacia} \\ \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo total}} & = & \frac{\text{Tiempo útil}}{\text{Tiempo total}} & \times & \frac{\text{Unidades producidas}}{\text{Tiempo útil}} \end{array}$$

Uno de los elementos constitutivos de la productividad es la calidad y las características de los productos. Una forma de cuantificar este aspecto es por medio de los precios a los cuales se cotizan los productos tanto en el mercado interno como externo. Para ello, en el caso forestal se pueden distinguir dos tipos de productos: a) la madera en rollos, producida directamente en el bosque, y b) los productos finales, producidos a partir del producto anterior en centros de transformación industrial. En el primer tipo la calidad del producto depende del proceso silvícola y, por tanto, se relaciona con la eficiencia silvícola. En el segundo tipo, la calidad depende del proceso industrial y, por tanto, se relaciona con la eficiencia industrial (Meneses & Guzmán, 2000).

1.1.4. CALIDAD EN EL ABASTECIMIENTO.

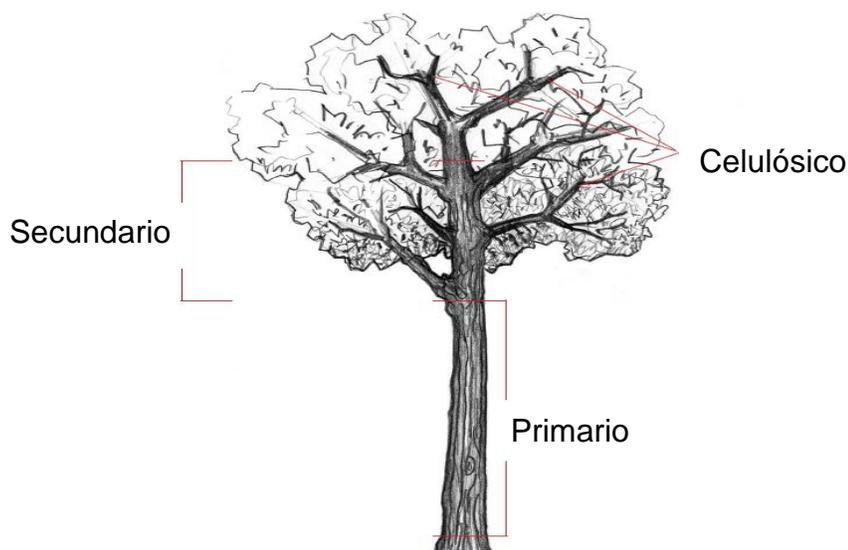
Existen diferentes definiciones de calidad respecto a un producto, por ejemplo Juran dice: “Calidad es que un producto sea adecuado para su uso. Así, la calidad consiste en ausencia de deficiencias en aquellas características que satisfacen al cliente (Juran, 1990). La American Society for Quality (ASQ) afirma que la “calidad es la totalidad de detalles y características de un producto o servicio que influye en su habilidad para satisfacer necesidades dadas” mientras que la norma ISO-9000-2000 define calidad como “el conjunto de propiedades y características de un producto o servicio que le confieren la aptitud para satisfacer las necesidades explícitas o implícitas preestablecidas”.

Dado lo anterior se entiende que la calidad del aprovechamiento forestal proviene de las necesidades del cliente a partir de la madera en rollo la cual incluye varias características de la forma de la troza: conicidad, curvaturas, cicatrices y aviejamiento, así como de la dimensión: diámetro y longitud; este último criterio varía y depende de acuerdos comerciales entre productores y compradores. Se considera que una troza secundaria no puede tener un diámetro menor a 20 centímetros ni una longitud menor a 8 pies, características que corresponden a la calidad de aprovechamiento. Simultáneamente a la

revisión y clasificación de cada una de las trozas, se miden en centímetros los diámetros de ambos extremos sin incluir la corteza y la longitud en pies lineales sin incluir los refuerzos. Se recomienda que el refuerzo en largos de la torcería que llega del bosque no exceda las 3 pulgadas en el centro y sur del país, y las 4 pulgadas en la zona norte. Los diámetros se miden con flexómetro y la longitud con cinta métrica. La información se registra en la hoja de trabajo para la recepción de la madera en rollo (Barrera & Cuervo, 2010).

En la figura (1.1) se muestran las calidades de la madera en rollo vistas en el árbol en pie se considera calidad primaria el fuste o sección del árbol desde la base hasta la aparición de la primera rama. La trocería secundaria está definida por diámetros y longitudes mínimas de 20 centímetros y 8 pies, respectivamente y la calidad de aprovechamiento corresponde a las ramas y trozas que no cumplen con las medidas mínimas. Algunas comunidades forestales han integrado al concepto de calidad los tipos o grupos de especies forestales (encino, táscate, hojosas, otras).

Figura. 1.1. Calidades del árbol.



Fuente: Manual de buenas prácticas en aserraderos de comunidades forestales (Barrera & Cuervo, 2010).

Se considera la calidad de suma importancia para la mejora de los procesos y el bien de la industria, Gutiérrez (2005) que algunas organizaciones tienen la creencia de que mejorar la calidad implica necesariamente un precio más alto y un mayor tiempo de producción del bien o servicio, por el contrario el productor de menor calidad tiene costos totales altos y que cuando se tiene mala calidad en las diferentes actividades y procesos hay equivocaciones y fallas de todo tipo por ejemplo: reprocesos y retrasos, pagar por elaborar productos malos, paros y fallas en el procesos, desperdicios(espacios, materiales, movimientos, actividades, productos), una inspección excesiva para tratar de que los productos de mala calidad no salga al mercado, reinspección y eliminación de rechazo, mas capacitación, instrucciones y presión a los trabajadores, gastos por fallas en el desempeño del producto y devoluciones o reclamos, subutilización de recursos por una deficiente coordinación, problemas con proveedores, servicios de garantía, clientes insatisfechos y perdida de ventas, problemas, diferencias y conflictos humanos en el interior de la empresa.

1.1.5. PROBLEMATICAS EN EL PROCESO DE ABASTECIMIENTO.

Existen condiciones en el sector forestal que son cuestionables desde el punto de vista de algunos autores, ya que existen casos en los que el impacto que tienen va en detrimento del mismo entorno en el que es realizado. Por ejemplo, Carrera señala que el aprovechamiento forestal tradicional es una práctica corriente en la mayoría de los bosques del mundo que se caracteriza por ser poco eficiente y altamente destructivo. Esto se debe principalmente a la ausencia de una planificación, dando como resultado una baja utilización, altos costos de aprovechamiento y elevados daños al bosque remanente, dejando pocas posibilidades para su manejo en forma natural (Carrera, 1993).

Por su parte Jardel (2006) aporta que existen aspectos que tienen estrecha relación con contextos conflictivos en el área de abastecimiento como los siguientes:

- j) Aprovechamiento clandestino de recursos forestales.
- k) Conflictos e inseguridad en la tenencia de la tierra.
- l) Frentismo y baja participación de los dueños y poseedores de tierras forestales en la producción.
- m) Falta de integración en la cadena productiva forestal.
- n) Deficiencias en las prácticas de manejo forestal.
- o) Tecnología de transformación obsoleta.
- p) Baja productividad (y tendencias descendentes en la actividad forestal).
- q) Limitaciones en la investigación y desarrollo tecnológico y cuestionamiento de pertinencia.
- r) Limitaciones en capacidades técnicas y profesionales (ídem).

Frauenholz menciona que la extracción de la madera debe hacerse pensando en la protección del recurso y empleando la técnica apropiada para alcanzar el objetivo principal, que es el obtener la mayor producción con la máxima eficiencia y el más bajo costo. Esto impacta en forma positiva en la

protección al bosque y la seguridad en el trabajo. El trabajo forestal comprende una serie de procesos que deben considerarse si se quiere obtener el máximo rendimiento con el mínimo esfuerzo al más bajo costo, en la oportunidad requerida y con la mayor seguridad en el trabajo. Para lograr este objetivo en los trabajos forestales ya sea derribo, arrime, transporte, capacitación, investigación, debe ser considerado el papel que cumplen la planeación, organización, ejecución, supervisión y control de los trabajos (Freuenholz, 1975).

De manera similar, y en cuanto a superficies forestales en México, Aguirre y Villanueva efectúan una evaluación del proceso maderable en las áreas forestales del ejido El Brillante lo cual es importante dado que no existe información sobre el rendimiento operacional y el impacto directo de las operaciones forestales que generan en el arbolado residual, de tal forma que los resultados aportan una herramienta de apoyo para la toma de decisiones en la programación de las actividades de extracción como una contribución para elevar la eficiencia y calidad de esta importante actividad económica (op.cit. Aguirre & Villanueva, 2008).

1.2. ASPECTOS METODOLOGICOS DEL CONTROL DE CALIDAD Y LA MEJORA CONTINUA.

1.2.1. CALIDAD TOTAL.

La historia de la calidad total se remonta a los intentos realizados en los Estados Unidos de Norteamérica para controlar la calidad de los productos fabricados en forma masiva, para lo cual se introdujeron en las fábricas procedimientos específicos. Del proceso evolutivo que procedió a estos inicios destacan cuatro etapas diferentes (Sosa Villanueva, 1990):

- La primera etapa fue aquella donde el control de calidad era sinónimo de inspección final del producto (visual y por instrumentos).
- La segunda etapa donde se agrega a la inspección, la observación del proceso a fin de mejorarlo y evitar con ello la salida de productos defectuosos, fue en esta etapa donde se dio origen al Control de Calidad Esta-- dístico.
- La tercera etapa en la que además de mejorar el proceso, se detecta - la necesidad de asegurar dicho mejoramiento. Fue en este período donde se introduce e implanta este nuevo concepto de control de calidad en el Japón. En esta etapa destacan cuatro autores, W. Eduards Deming, Joseph M. Juran, Armand Fekgenbaum y Philip B. Crosby.
- Y finalmente la última etapa donde la administración por si misma fija su papel con objeto de que la calidad y del producto sea no solo un objetivo sino también una estrategia a emplear para tener éxito frente a los competidores.

El tema de Control de Calidad no es nuevo, sin embargo en la Industria forestal mexicana, si es poco conocido y mal entendido. La nueva concepción que hace de éste el administrador japonés es ubicarlo entre una de las filosofías administrativas estratégicas más importantes del momento (Ibíd).

Brown y Bethel (1965) son los primeros en mencionar el control de calidad aplicado en la industria del aserrío. En el capítulo 9, hacen mención a la

importancia actual del control de calidad en la industria haciendo uso de herramientas estadísticas (Control de Calidad estadístico) utilizando la teoría de muestreo de productos terminados para determinación de aceptación o rechazo antes del embarque.

Ishikawa (1985) Hace una exposición más completa de lo que fue el Control de Calidad y de lo que actualmente se entiende por Control Total de Calidad. Nos explica el Dr. Ishikawa que la forma como se entiende el Control de Calidad en Japón es como un control de calidad total, con la participación activa de todos los elementos de la empresa desde el Presidente hasta el último empleado, como un control de calidad de toda la empresa, desde el área administrativa, hasta el área de ventas, es decir de todos los procesos que comprendan la operación de la empresa, encontrando las causas de defectos y fallas y corrigiéndolas.

Imai (1989), realiza una exposición clara de las filosofías, teorías y herramientas administrativas desarrolladas y utilizadas en Japón organizándolas bajo el concepto de KAIZEN (Mejoramiento). Kaizen nos dice, significa mejoramiento continuo que involucra a todos, gerentes y trabajadores por igual. Dice también que el libro está dedicado a mostrar la utilidad de Control de Calidad Total, no solo del producto, sino también sistemas, principios, comunicación y principalmente del individuo, el trabajador, el obrero, el supervisor, el gerente, en una palabra de todos.

Gutiérrez (1989), nos hace una explicación detallada de la tendencia y avances del control de calidad a lo largo de los años, hasta alcanzar el nivel actual desarrollado en Japón. De igual manera proporciona -- una visión general de lo que él llama " Filosofía Administrativa encaminada al aumento de la productividad por medio de la calidad".

Hilf y Platzer (1972), exponen en forma por demás clara la forma de realizar el derribo y troceo del arbolado, evitando pérdidas sustantivas de fibra. Algunos otros fueron utilizados, ellos se mencionan en la bibliografía. En lo referente al control de calidad en la industria de aserrío, nos hacen ver su importancia.

Brown, (1982), éste autor recopila varios trabajos relacionados con el tema y los presenta como una guía para la instalación o improvisación de un programa de control de calidad.

Todo proceso productivo es un sistema formado por personas, equipos y procedimientos de trabajo. El proceso genera una salida (output), que es el producto que se quiere fabricar. La calidad del producto fabricado está determinada por sus características de calidad, es decir, por sus propiedades físicas, químicas, mecánicas, estéticas, durabilidad, funcionamiento, etc. que en conjunto determinan el aspecto y el comportamiento del mismo. El cliente quedará satisfecho con el producto si esas características se ajustan a lo que esperaba, es decir, a sus expectativas previas. Por lo general, existen algunas características que son críticas para establecer la calidad del producto. Normalmente se realizan mediciones de estas características y se obtienen datos numéricos. Si se mide cualquier característica de calidad de un producto, se observará que los valores numéricos presentan una fluctuación o variabilidad entre las distintas unidades del producto fabricado.

El Dr. Ishikawa (1988) demostró que las 7 herramientas de la calidad son métodos efectivos para mejorar los procesos, así como para identificar las principales causas que originan los problemas dentro del proceso. Las 7 herramientas de la calidad son las siguientes:

- a) Diagrama de causa efecto. Entre estas herramientas se encuentra una de las más grandes aportaciones del Dr. Kaoru Ishikawa que es el diagrama causa efecto, el cual consiste en determinar las posibles

causas que originan un problema. El diagrama de Ishikawa nos permite graficar las causas del problema que se pretenda analizar.

- b) Plantillas de inspección. Esta herramienta nos sirve para realizar anotaciones (resultados) a medida que se obtienen, y al mismo tiempo poder analizar la tendencia, básicamente se analiza información estadística.
- c) Graficas de control. Es un diagrama donde se anotan valores sucesivos de la característica de calidad que se está analizando, los datos se registran a medida que se realiza el proceso. La estructura del grafico es la siguiente, dentro de grafico se encuentran tres líneas una es la línea central y las otras dos son los límites inferior y superior, en ellas se registran los valores de manera histórica. Existen diversos tipos de gráficos de control: gráficos XR, gráficos C, gráficos np, gráficos cusum, entre otros.
- d) Diagramas de flujo. Es una representación gráfica de la secuencia de etapas, movimientos, operaciones que ocurren dentro de un proceso. En el grafico se utilizan formas que ya son establecidas.
- e) Histogramas. Es un diagrama que muestra el número de veces que se repiten cada uno de los resultados se realizan mediciones sucesivas, esto permite ver de manera precisa cual es la tendencia central y las dispersiones que se agrupan alrededor de ella.
- f) Diagramas de dispersión. Los diagramas de dispersión o también conocidos como gráficos de correlación, permiten estudiar la relación entre 2 variables X e Y, se dice que existe una correlación entre ambas si cada vez que aumenta el valor de X aumenta proporcionalmente el

valor de Y (correlación positiva), o si cada vez que aumenta el valor de X disminuye en igual proporción el valor de Y (correlación negativa).

- g) Diagrama de Pareto. Este método se utiliza para identificar y dar prioridad a los problemas más significativos de un proceso. Es una forma muy especial de gráfico de barras verticales, que separa los problemas muy importantes de los menos importantes, estableciendo orden de prioridades. Este gráfico fue creado sobre la base del Principio de Pareto, según el cual, el 80% de los problemas son provenientes apenas del 20% de las causas

1.2.2. CIRCULO DE DEMING.

El ciclo PHVA también se le conoce por otros nombres, el ciclo Shewhart y el ciclo Deming. Walter A. Shewhart fue el primero que habló del concepto de PDCA en su libro de 1939, *Statistical Method From the Viewpoint of Quality Control*. Shewhart dijo que el ciclo atrae su estructura de la noción de que una evaluación constante de prácticas empresariales, así como la disponibilidad de los empresarios de adoptar e ignorar ideas sin apoyo, son clave para la evolución de un proyecto con éxito (Deming, 1989)

W. Edwards Deming fue el primero que dio a conocer el término "ciclo Shewhart" para PDCA, llamándolo por el nombre de su mentor y maestro en Bell Laboratories en Nueva York.

Existen diversos estudios y proyectos los cuales se ha visto beneficiados con esta metodología para el mejoramiento de los procesos ya sea para bienes o servicios, como es el ejemplo de Cubas, Delgado, y Llajaruna (2009) quienes hacen la aplicación de la metodología para la Capacitación técnico-productiva basado en el círculo de Deming para mejorar el nivel de logro de la competencia laboral de los estudiantes de la opción ocupacional de confecciones. O la propuesta de

aplicación de técnicas estadísticas para la mejora en el desempeño de los procesos de la terminal de almacenamiento y distribución satélite sur de la gerencia comercial valle de México (Tenorio Mendoza, 2010).

1.2.3. PROCESO ESBELTO.

La Manufactura Esbelta surge como una necesidad de las empresas de ser más competitivas en el mercado mundial, al no poder mantener sus precios de venta, buscaron una estrategia de reducción de costos de operación y así aumentar su margen de utilidad, esta filosofía nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo.

El sistema de manufactura esbelta se ha definido como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en: la eliminación planeada de todo tipo de desperdicio, mejora continua, la mejora consistente de productividad y calidad (Niño & Bednarek, 2010).

Pineda define al proceso esbelto como el conjunto de varias herramientas que ayudan a eliminar todas las Operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones (Pineda Mandujano, 2004).

Los principales objetivos de la Manufactura Esbelta es implantar una filosofía de Mejora Continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad (Díaz del Castillo, 2009). Las siete basuras o desperdicios comúnmente aceptadas en el sistema de producción esbelto: sobreproducción, el esperar, transporte, proceso

inadecuado, inventarios innecesario, defectos, movimiento (Gutiérrez Garza, 2000).

Este tipo de manufactura es esencialmente un sistema integrado de producción, que busca la eliminación de toda clase de desperdicio, estableciendo un flujo continuo a través de todo el proceso, siendo lo suficientemente flexible para ser adaptado a los cambios del mercado con el apoyo de diversas metodologías de mejora (Niño & Bednarek, 2010), el proceso esbelto se basa en un conjunto de técnicas desarrolladas por la compañía Toyota partir del decenio de 1950 que sirven para mejorar y optimizar los procesos operativos de cualquier compañía industrial, independientemente de su tamaño, donde se destacan autores como Sigeo Shingo y Edward Hay. Las técnicas de Lean Manufacturing se están utilizando en la optimización de las operaciones de forma que se puedan obtener tiempos de reacción más cortos, mejor atención servicio al cliente, mejor calidad, costos más bajos, eliminación de cualquier actividad que no agregue valor al producto, servicio o proceso, eliminación de cualquier tipo de desperdicio (sobreproducción, retrasos, transporte, el proceso, inventarios, movimientos y calidad), mayor eficiencia del equipo, entre otros. El Lean Manufacturing se apoya en una serie de herramientas como son: los sistemas kanban, el mantenimiento productivo total, los sistemas Kaizen, las 5's, Seis Sigma, Poka Yoke, entre otros (Grupo Kaizen, 2011).

Capítulo 2.

LA EMPRESA FORESTAL DE LA COMUNIDAD INDIGENA DE NUEVO SAN JUAN PARANGARICUTIRO.

2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS.

La comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro es mundialmente famosa por su empresa forestal. Un publicitado modelo internacional de forestaría comunitaria en que las organizaciones ambientalistas, académicos reconocidos y oficiales del Estado han visto la solución consumada del paradigma del desarrollo sustentable (Garibay Orozco, 2008).

En 1943, posterior a la erupción del volcán Parícutín, se levantó la Comunidad de Nuevo San Juan Parangaricutiro. Este pueblo se constituyó por un gran esfuerzo y con un alto sentido de solidaridad comunitaria. Durante el periodo de los sesenta y principios de los setenta, los bosques fueron aprovechados en forma irracional por permisionarios privados, quienes los dejaron altamente degradados, en 1977, los campesinos forestales de la región purépecha decidieron organizarse en una Unión de Ejidos y Comunidades Forestales. El manejo centralizado de los recursos obligo a buscar mejores alternativas de organización productiva. En 1981, con recursos se constituyó una empresa forestal sólida. En el presente, se ha consolidado una industria forestal diversificada, que con un plan de manejo ordenado de los recursos, orgullosamente genera más de 900 empleos entre los comuneros e impacta en forma positiva a la economía de la región. La empresa, transforma más de 40% de la producción maderable que se obtiene de los montes, con alto valor agregado. Los productos abastecen el mercado nacional, exportando molduras a E.U.A., muebles a Bélgica e Irlanda. Con el plan de manejo ordenado de los recursos forestales, sé está forjando la nueva cultura del manejo sustentable de los bosques, se están impulsando programas hidrológicos, instalación de praderas con ganado mejorado, huertos frutícolas (aguacate y durazno), entre otras actividades agropecuarias, también se han logrado producir y ganar más bosques, es decir, se tiene menos presión sobre ellos, se está cultivando y reforestando (CINSJP, 2011).

El recurso forestal provee a la CINSJP su mayor activo productivo, pero han sabido cómo multiplicar este activo en una serie de activos productivos relacionados. En las primeras dos sesiones de tala, 1981-82 y 1982-83, cortaron 18,000 y 30,000m³ respectivamente. Para 1983 fueron capaces de usar los beneficios y, con un préstamo de la fábrica de pulpa, construyeron su primer aserradero. En el año 1983, fue el primero en que tuvieron beneficios de su propia empresa comunal, además de la inversión en el aserradero, 50% de los beneficios fueron distribuidos en efectivo. Según se reporta, la mayoría de este dinero se gastó en consumo de alcohol. Ante esto y en un episodio de auto reflexión remarcable, y tal vez con una resaca, la Asamblea General tomó la decisión de dejar la práctica del reparto de efectivo e invertir todos los beneficios en la empresa, dando preferencia a la creación de empleos sobre el reparto de efectivo, una práctica que continúa hasta la fecha (Barton & Merino, 2004).

Con una perspicacia remarcable para los negocios, CINSJP comenzó a reinvertir en la expansión y diversificación de su empresa productiva. Ya para 1983, había comenzado a invertir en maquinaria para molduras y en una fábrica de muebles, y adquirió su primer horno de secado. En 1985-86, con mejores planes de manejo que dieron un volumen autorizado de 85,000 m³, la empresa invirtió en más hornos de secado. Para 1990, había adquirido nueva maquinaria de extracción, transporte e infraestructura industrial (Ibid).

En los años noventa, añadió a sus activos fábricas de manufactura, una planta de destilación de resina, una astilladora, un almacén de distribución de fertilizantes y otros servicios de la empresa, y recientemente está haciendo una inversión comunal en huertos de aguacate y durazno. Además de sus inversiones directas, CINSJP también ha ayudado a muchos individuos emprendedores a establecer o fortalecer sus propias empresas. Ayudó a sesenta comuneros a adquirir camiones de carga pesada y a contratarlos para transportar la tala y la madera; también apoya a muchos pequeños talleres de madera en la comunidad (Ibid).

En 1999, la Empresa Forestal de San Juan Nuevo Parangaricutiro recibió la certificación por manejo forestal sustentable por parte del programa *Smart Wood* hasta el 2004, y como resultado introdujo varias nuevas prácticas de manejo ambientalmente sensibles. Los administradores consideran que la certificación ha sido buena para el bosque, y les ha ayudado a convertirse en mejores administradores forestales, aun cuando hasta la fecha no han tenido ninguna venta de madera certificada. Sin embargo, están seguros de que en el futuro los mercados se enfocarán en este rubro. Como se mencionó antes, CINSJP explora una nueva línea de muebles rústicos certificados (Ibid).

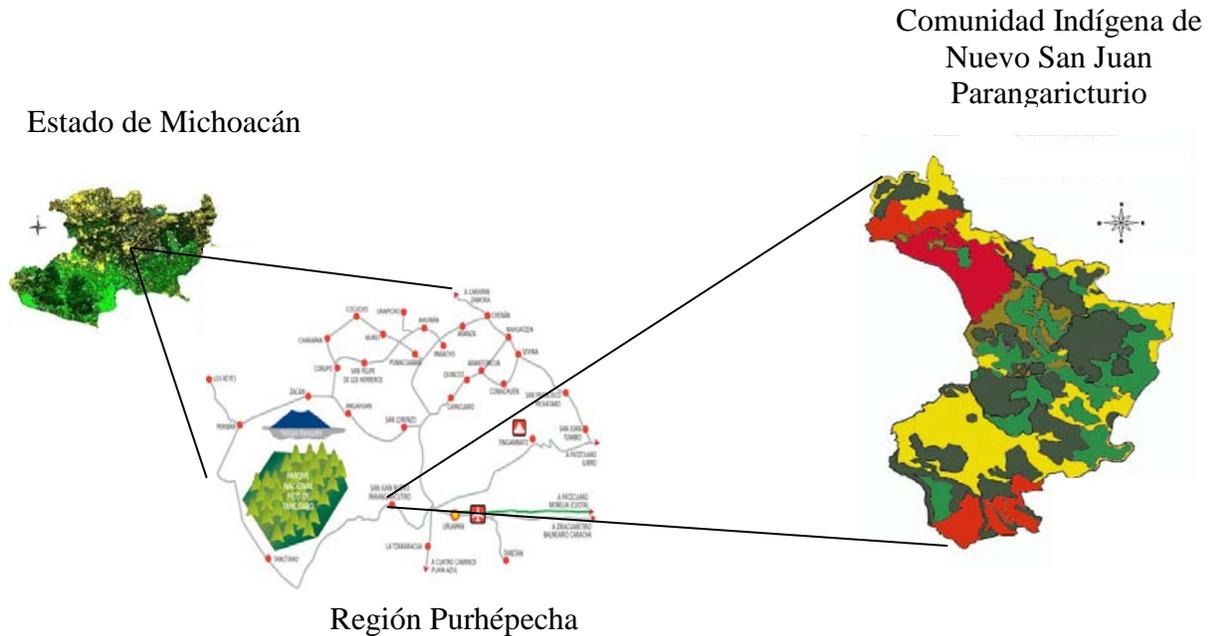
2.2. LOCALIZACIÓN GEOGRAFICA.

La Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro se ubica en el municipio de Nuevo Parangaricutiro, aproximadamente a 15 kilómetros al oeste de la ciudad de Uruapan como se muestra en la figura 2.1, que es una de las ciudades más importantes de la Región Purepecha. Colinda al norte con Peribán de Ramos y Uruapan, al sur con Parácauaro y Gabriel Zamora; al este con Uruapan; al oeste con Tancítaro y Peribán de Ramos (CINSJP, Comunidad Indígena de NSJP, 2011).

La propiedad de la Comunidad está ubicada en el municipio de Nuevo Parangaricutiro, en la región noroeste del Estado de Michoacán, México. La superficie total de la propiedad de la Comunidad es de 18,138.25 hectáreas.

La Comunidad es dueña de la propiedad en carácter comunal. De la superficie total, aproximadamente 11,000 hectáreas son arboladas. De estas, 10,404 hectáreas están bajo manejo forestal. Los bosques de la Comunidad son predominantemente secundarios, y en menor medida bosques primarios jóvenes intervenidos (SmartWood & CCMSS, 2000).

Figura 2.1 Ubicación de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro



Fuente: (Castro Sánchez, 2012)

2.3. ORGANIZACIÓN DE LA EMPRESA.

La Empresa Forestal tiene la reputación de ser una de las iniciativas más exitosas de manejo forestal comunitario en México. En buena medida, la Empresa ha establecido la pauta de lo que se considera un buen manejo forestal en México: una empresa basada en una organización comunitaria consolidada, un aprovechamiento eficiente de los recursos forestales, mantenimiento e incluso expansión de la cubierta forestal, desarrollo de una industria rentable económicamente y generación de beneficios socio-económicos significativos para los miembros de la Comunidad (CINSJP, 2011).

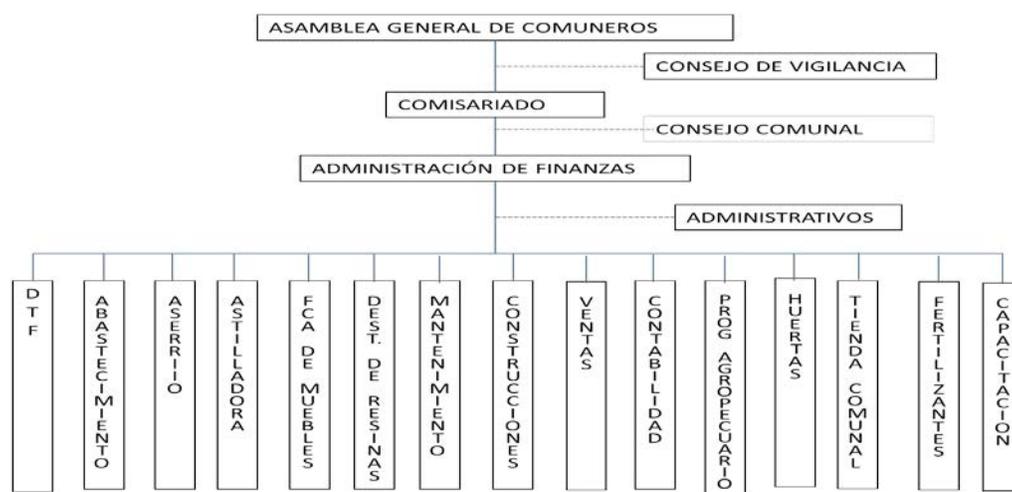
En el manejo forestal, la Comunidad aplica el "Método de Desarrollo Silvícola", o método de "árboles padre". Tiene entre sus fundamentos el objetivo

de revertir el proceso de reemplazo y mantener bosques mixtos dominados por los pinos. Existe un plan de manejo de diez años de duración - actualmente están en el noveno año. La Comunidad aprovecha aproximadamente 1,000 hectáreas por año y un volumen promedio anual de 100,000 m³. Más del 75% es de pino, y el resto está dividido entre otros géneros y especies incluyendo oyamel (*Abies spp.*), encino (*Quercus spp.*), y otras. En adición, la Comunidad extrae cantidades significantes de resina de sus pinos (SmartWood & CCMSS, 2000).

La Empresa de la Comunidad cuenta con una planta de procesamiento impresionante “2 aserraderos, 4 estufas de secado, fábrica de muebles y moldura, astilladora, planta de resina”. La Empresa convierte la materia prima de la Comunidad en un rango amplio de productos incluyendo madera aserrada de primera y construcción, muebles, molduras, celulosa, brea de resina y aguarrás. La Empresa lleva a cabo actividades agrícolas, también (CINSJP, 2011)

Organigrama de la empresa: Gracia y Rojas (2003) presentan el siguiente organigrama de cada una de las áreas de trabajo que conforman la Empresa y los aprovechamientos forestales de la CINSJP:

Figura 2.2. Organigrama de la empresa de CINSJP



Fuente: (García & Rojas, 2003)

Misión de la Empresa.

En la comunidad se tiene como misión el desarrollo integral de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Paragaricutiro Michoacán, así como su integridad territorial mediante el desarrollo de sus comuneros el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales, la conservación del equilibrio ecológico y la realización de proyectos acordes con sus propias políticas. (y establecen que su “filosofía” no es otra que el aplicar la calidad total en nuestro trabajo “cero defectos”, “bien a la primera vez” y “justo a tiempo”, teniendo como meta prioritaria la integridad territorial de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán (CINSJP, www.comunidadindigena.com, 2011).

Productos de la empresa.

A continuación se abordan con detalle cuatro de estas industrias: resina, madera aserrada, molduras, y muebles, con particular atención a los mercados (Castro Sánchez, ob. cit., 2012):

- a) Resina: la fábrica de resina fue establecida en 1990 por decisión de la Asamblea General. En la actualidad produce 280 ton de brea mensualmente, y exporta a Venezuela, Cuba y Colombia. Ahora desarrolla nuevas fuentes de suministro en Oaxaca, financiamiento y asistencia técnica a las comunidades de Santiago Textitlan y a tres comunidades en la región de Yautepec: Santiago Lachiva, San Baltasar Legua y Sta. María Ecatepec. Estos contactos fueron hechos a través de la UNOFOC y promovidos por el Programa de Manejo y Conservación Forestal (PROCYMAF) de la SEMARNAT, y produce 1,000 toneladas de resina al año.

- b) Madera aserrada: en la producción de madera aserrada, los mercados de CINSJP son completamente domésticos. Tienen un portafolio de clientes establecido, y pueden generar productos de mayor calidad que algunas de las maderas aserradas importadas. La madera aserrada se vende en el

Distrito Federal, Jalisco, Veracruz, y en pequeñas cantidades al sureste de México. Su producto se utiliza para la construcción de muebles y no tienen necesidad de buscar nuevos clientes.

c) **Molduras:** las molduras son en lo que más ha sobresalido. Con la firma del Tratado de Libre Comercio de Norteamérica (TLC), enfrentaron nuevas presiones por parte de los importadores. Se ha hecho frente a la competencia internacional; ha sido perspicaz al entrar al estado internacional de competencia en molduras: se dieron cuenta que Chile también tiene producción de molduras, y han exportado a Japón, pero frente a los problemas económicos de este país comenzaron a vender más a los Estados Unidos de América (EE. UU). La proximidad de México con el país del norte a veces les da ciertas ventajas. Estimulado por el TLC, la *CINSJP* trató de exportar molduras por primera vez en 1993. En ese año el administrador de la fábrica de muebles fue a EE. UU. para ver los productos que se hacían allá y los que había en las tiendas, y se dio cuenta que la empresa comunitaria podía alcanzar la misma calidad. En el año 2000, la *CINSJP* producía un millón de pies de tablas de molduras con ventas por \$60 millones de pesos. Ahora, cerca de 18-20% de estas ventas son exportaciones. Antes del TLC no hacían ninguna exportación; 35% de éstas se venden a *Home Depot*. La fábrica de molduras busca aumentar su producción en 15-20%.

d) **Muebles:** la *CINSJP* ha desarrollado sofisticados nichos de mercado así como mercados para muebles de calidad en cadenas de tiendas departamentales como Liverpool y El Palacio de Hierro, a quienes vende toda su producción. Hoy en día experimentan una línea de muebles rústicos mexicanos, y trabajan para empezar a exportar muebles rústicos certificados. Han decidido educar a los compradores de las tiendas departamentales sobre la certificación —ver más adelante—, y esperan abrir un mercado doméstico de muebles certificados. Sin embargo, no todos

los esfuerzos de diversificación e integración vertical han funcionado. A finales de los ochenta se abandonó la producción de carbón; se reporta que fue debido a los bajos precios y a que a los comuneros les desagradaba esta actividad. También fracasó un intento de formar una compañía de construcción de cabañas de madera (1989-1991) (Castro Sánchez, ob cit 2012).

Capítulo 3.

METODOLOGÍA.

3.1. HERRAMIENTAS DE CONTROL DE CALIDAD.

Antes de explicar la metodología empleada, se describen las herramientas principales ventajas y utilidades de cada una de ellas, las cuales son: diagrama causa efecto o de Ishikawa, histograma, hoja de verificación, cartas de control, diagrama de Pareto, conocidas como herramientas de calidad.

Para la detección de desperdicios ha sido empleado un diagrama de operaciones para observar el problema y herramientas del proceso esbelto.

Las herramientas de control de calidad son técnicas y actividades de carácter operacional utilizadas para satisfacer los requisitos relativos a la calidad. Se orienta a mantener bajo control los procesos y eliminar las causas que generan comportamientos insatisfactorios en etapas importantes del ciclo de calidad, para conseguir mejores resultados económicos (ISO 8402, 1992)

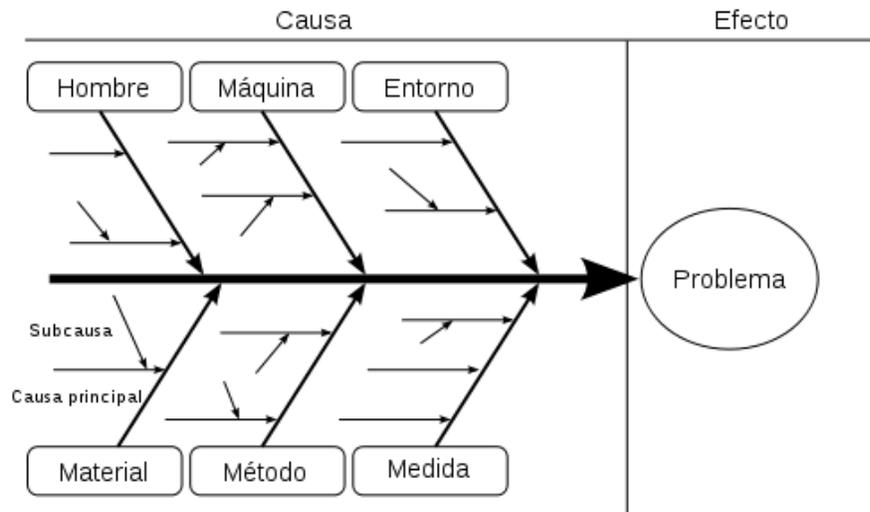
3.1.1. DIAGRAMA CAUSA- EFECTO O DE ISHIKAWA.

Karou Ishikawa diseñó el Diagrama de Esqueleto de Pescado, este experto japonés, profesor de la Universidad de Tokio, era reconocido por el tema de gerencia de la calidad. Fue en 1933 cuando se le dio uso al diagrama por primera vez, en esa ocasión permitió explicar a un grupo de ingenieros de la Kawazaki Steel Works, cómo un sistema complejo de factores se puede relacionar para ayudar a entender un problema.

El diagrama de Ishikawa también llamado “Diagrama Causa-Efecto o Diagrama Esqueleto de Pescado” (Figura.3.5) es una técnica que se muestra de manera gráfica para identificar y arreglar las causas de un acontecimiento, problema o resultado. Su creador fue el japonés Kaoru Ishikawa, experto en control de calidad. Esta técnica ilustra gráficamente la relación jerárquica entre

las causas según su nivel de importancia o detalle y dado un resultado específico como muestra la figura 3.1.

Figura 3.1 Diagrama de Ishikawa.



Fuente: (Gutiérrez Pulido, 2005)

Entre los usos que tiene el diagrama de Ishikawa, se reconocen las siguientes: concentrar el esfuerzo del equipo en la resolución de un problema complejo; identificar todas las causas y las causas raíces para cada efecto, problema o condición específico; analizar y relacionar algunas de las interacciones entre los factores que están afectando un proceso particular o efecto; permite la acción correctiva (12 Manage, 2009).

Gutiérrez (2005), en su libro *Calidad Total y Productividad*, menciona tres métodos para la construcción de un diagrama de Ishikawa los cuales son:

- *Método 6M o análisis de dispersión.* se trata del método de construcción más común, consiste en agrupar las causas potenciales en seis ramas principales, métodos de trabajo, mano de obra, materiales, maquinaria, medición, y medio ambiente. Estos seis elementos define de manera global todo proceso, y cada uno aporta parte de la variabilidad final del

producto o servicio; por lo que es natural enfocar los esfuerzos de mejora en general hacia cada uno de estos elementos de un proceso.

- *Método de flujo del proceso.* Con este método de construcción, la línea principal del diagrama de Ishikawa sigue la secuencia normal del proceso de producción o de administración; los factores que afectan la característica de calidad se agregan en el orden que les corresponde, según el proceso. Con frecuencia el diagrama de flujo del proceso es la primera etapa para entender un proceso de manufactura o de cualquier otro tipo.
- *Método de estratificación.* La idea de este método de construcción del diagrama de Ishikawa es ir directamente a las causas potenciales de un problema. la selección de estas causas muchas veces se hace a través de una sesión de lluvia de ideas. con la idea de atacar causas reales y no consecuencia o reflejos, es importante preguntarse un mínimo de cinco veces el porqué del problema, con lo que se profundizará en la búsqueda de las causas y la construcción del diagrama de Ishikawa partirá de este análisis previo, con lo que el abanico de búsqueda será más reducido y los resultados más positivos (Gutiérrez Pulido, 2005).

3.1.2. HISTOGRAMA.

Un histograma es una gráfica de barras que permite describir el comportamiento de un conjunto de datos en cuanto a su tendencia central, forma y dispersión. El histograma hace posible que de un vistazo se pueda tener una idea objetiva sobre la calidad de un producto, el desempeño de un proceso o el impacto de una acción de mejora. La correcta utilización del histograma permite tomar decisiones no solo con base en la media, sino también por medio de la dispersión y formas especiales de comportamiento de los datos. Su uso cotidiano facilita el entendimiento de la variabilidad y favorece la cultura de los datos y hechos objetivos (Pande, Neuman, & Cavanagh, 2004)

3.1.3. DIAGRAMA DE PARETO.

Es una herramienta que se utiliza para priorizar los problemas o las causas que los generan. El nombre de Pareto fue dado por el Dr. Juran en honor del economista italiano VILFREDO PARETO (1838-1923) quien realizó un estudio sobre la distribución de la riqueza, en el cual descubrió que la minoría de la población poseía la mayor parte de la riqueza y la mayoría de la población poseía la menor parte de la riqueza. El Dr. Juran aplicó este concepto a la calidad, obteniéndose lo que hoy se conoce como la regla 80/20. Según este concepto, si se tiene un problema con muchas causas, podemos decir que el 20% de las causas resuelven el 80 % del problema y el 80 % de las causas solo resuelven el 20 % del problema (Rovira, 2005)

Se recomienda el uso del diagrama de Pareto para identificar oportunidades para mejorar, identificar un producto o servicio para el análisis de mejora de la calidad. Cuando existe la necesidad de llamar la atención a los problemas o causas de una forma sistemática. Para analizar las diferentes agrupaciones de datos. Al buscar las causas principales de los problemas y establecer la prioridad de las soluciones. Para evaluar los resultados de los cambios efectuados a un proceso comparando sucesivos diagramas obtenidos en momentos diferentes, (antes y después). Cuando los datos puedan clasificarse en categorías. Cuando el rango de cada categoría es importante. Para comunicar fácilmente a otros miembros de la organización las conclusiones sobre causas, efectos y costes de los errores (Ibid).

Los propósitos generales del diagrama de Pareto son analizar las causas, estudiar los resultados, planear una mejora continua. La Gráfica de Pareto es una herramienta sencilla pero poderosa al permitir identificar visualmente en una sola revisión las minorías de características vitales a las que es importante prestar atención y de esta manera utilizar todos los recursos necesarios para llevar a cabo una acción de mejora sin malgastar esfuerzos ya que con el análisis descartamos las mayorías triviales (Ibid).

3.1.4. HOJA DE VERIFICACIÓN.

Una hoja de verificación (también llamada “de comprobación”, “de control” o “de chequeo”) es un impreso con formato de tabla destinado a registrar datos relativos a la ocurrencia de determinados sucesos, mediante un método sencillo (Talavera Pleguezuelos, 2012).

Es un formato construido especialmente para recabar datos de tal forma que sea sencillo su registro sistemático y que sea fácil analizar la manera en que los principales factores que intervienen influyen en una situación o problema específico. Una característica que debe reunir una buena hoja de verificación es que visualmente se pueda hacer un primer análisis que permita apreciar la magnitud y localización de los problemas principales (Gutiérrez Pulido, 2005)

Talavera (2012) menciona los pasos para elaborar una hoja de verificación los cuales son:

- *Determinar el objetivo.* Preciséndolo de manera clara e inequívoca: verificar la distribución de un proceso, revisar defectos y/o errores, contar la frecuencia en la ocurrencia de incidencias.
- *Definir el modo en que se llevará a cabo el registro.* En este paso se establece quién efectuará el registro, cómo y dónde, si se registrarán todas las ocurrencias o se realizará un muestreo.
- *Diseñar la hoja de comprobación.* La hoja de comprobación ha de permitir que el registro de datos sea sencillo, que la situación registrada pueda entenderse con inmediatez y que los datos no presenten dificultad para ser procesados.
- *Tomar datos.* Una vez diseñada la hoja de comprobación se procede a iniciar la toma de datos.

3.1.5. CARTAS DE CONTROL.

A final de la década de 1920, Walter A. Shewhart analizó numerosos procesos de fabricación concluyendo que todos presentaban variaciones. Encontró que estas variaciones podían ser de dos clases: una *aleatoria*, entendiendo por ella que su causa era insignificante o desconocida, y otra *imputable* (también llamada *asignable*), cuyas causas podían ser descubiertas y eliminadas tras un correcto diagnóstico. Según Talavera Pleguezuelos (2012) Un gráfico de control es una herramienta estadística utilizada para evaluar la estabilidad de un proceso. Permite distinguir entre las causas de variación. Todo proceso tendrá variaciones, pudiendo estas agruparse en:

Causas aleatorias de variación. Son causas desconocidas y con poca significación, debidas al azar y presentes en todo proceso. Las causas aleatorias son de difícil identificación y eliminación.

Causas específicas (imputables o asignables). Normalmente no deben estar presentes en el proceso. Provocan variaciones significativas. Las causas específicas sí pueden ser descubiertas y eliminadas, para alcanzar el objetivo de estabilizar el proceso (Talavera Pleguezuelos, 2012).

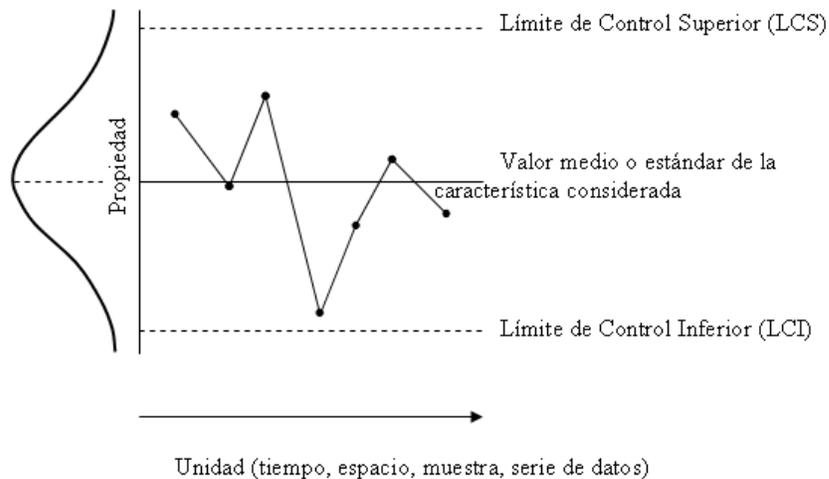
En la base de los gráficos de control está la idea de que la variación de una característica de calidad puede cuantificarse obteniendo muestras de las salidas de un proceso y estimando los parámetros de su distribución estadística. La representación de esos parámetros en un gráfico, en función del tiempo, permitirá la comprobación de los cambios en la distribución (Ibid)

El gráfico cuenta con una línea central y con dos límites de control, uno superior (LCS) y otro inferior (LCI), que se establecen a ± 3 desviaciones típicas (*sigma*) de la media (la línea central). El espacio entre ambos límites define la variación aleatoria del proceso. Los puntos que exceden estos límites indicarían la posible presencia de causas específicas de variación (Ibid).

La idea básica de una carta de control es observar y analizar gráficamente el comportamiento de un proceso, con el propósito de distinguir las variaciones debidas a causas comunes de las ocasionadas por causas especiales. Esto permitirá detectar cambios y tendencias importantes en los procesos (Gutiérrez Pulido, 2005).

En la siguiente figura (3.2) se muestra una carta de control típica, la cual se compone básicamente de tres líneas paralelas, comúnmente horizontales, que rematan a la izquierda en una escala numérica en las unidades del estadístico ω , que se grafica en la carta; en la parte de abajo, paralela a las líneas, hay un eje que sirve para identificar la procedencia de los datos. En caso de que este eje sea una escala cronológica, entonces los puntos consecutivos se unen con una línea recta para indicar el orden en que ha ocurrido cada dato (Ibid).

Figura 3.2. Carta de control estadístico.



Fuente: (Gutierrez Pulido, 2005)

La línea central de una carta de control representa el promedio del estadístico que se está graficando, cuando el proceso se encuentra en control estadístico. Las otras dos líneas se llaman límites de control, superior e inferior, y están en una posición tal que cuando el proceso está en control estadístico, hay una alta probabilidad de que prácticamente todos los valores del estadístico

caigan dentro de los límites; de esta manera, si todos los puntos están dentro de los límites, entonces se supone que el proceso está en control estadístico. Por el contrario, si al menos un punto está fuera de los límites de control, entonces esto es una señal de que pasó algo especial, por lo que es necesario investigar cual es la causa de este comportamiento o cambio especial. En general, los límites de control son estimaciones de la amplitud de la variación natural del estadístico (promedio, rangos, etc.) que se grafica en la carta (Ibid).

3.1.6. DIAGRAMA DE OPERACIONES DEL PROCESO.

Este diagrama muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, márgenes de tiempo y materiales a utilizar en un proceso de fabricación o administrativo, desde la llegada de la materia prima hasta el empaque del producto terminado. Señala la entrada de todos los componentes y subconjuntos al conjunto principal. De igual manera que un plano o dibujo de taller presenta en conjunto detalles de diseño como ajustes, tolerancia y especificaciones.

Antes de que se pueda mejorar un diseño se deben examinar primero los dibujos que indican el diseño actual del producto. Análogamente, antes de que sea posible mejorar un proceso de manufactura conviene elaborar un diagrama de operaciones que permita comprender perfectamente el problema, y determinar en qué áreas existen las mejores posibilidades de optimización. El diagrama de operaciones de proceso permite exponer con claridad el problema. La información necesaria para elaborar este diagrama se obtiene a partir de observación y medición directas. Es importante que los puntos exactos de inicio y terminación de la operación en estudio, se identifiquen claramente (Márquez Colochio, 2008).

3.2. METODOLOGÍA EMPLEADA, EL CICLO PHVA.

Scherkenbach nos señala que “un ciclo de mejora continua es: planear, hacer, verificar y actuar, herramienta que podría ser utilizada dentro de cualquier proceso.

Planear consiste en definir los objetivos, establecer las estrategias, los tiempos, costos, recursos necesarios y responsables. Hacer significa llevar a la acción, después de previos ensayos, para observar el comportamiento en la manipulación de las variables, los ensayos deben efectuarse en un laboratorio, para esto será necesario educar a todos los miembros a fin de que entiendan la relación entre las variables manejadas. Verificar consiste en reunir datos y evaluar el resultado, de acuerdo con los parámetros propuestos como satisfactorios. Actuar consiste en ajustar el proceso basado en sus nuevos conocimientos (Scherkenbach, 1994).

El ciclo PHVA (planear, hacer, verificar y actuar) es de gran utilidad para estructurar y ejecutar planes de mejora de calidad a cualquier nivel directivo u operativo. En este ciclo, conocido como el *ciclo de Deming* o el *ciclo de la calidad*, se desarrolla de manera objetiva y profunda un plan (planear, éste se comprueba en pequeña escala o sobre una base de ensayo tal como ha sido planeado (hacer), se supervisa si se obtuvieron los efectos esperados y la magnitud de los mismos (verificar) y, de acuerdo con lo anterior, se actúa en consecuencia (actuar), ya sea generalizando el plan, si dio resultado, tomando medidas preventivas para que la mejora no sea reversible, o reestructurando el plan debido a que los resultados no fueron satisfactorios, con lo que se vuelve a iniciar el ciclo. La filosofía de este ciclo lo hace de gran utilidad para perseguir la mejora en cualquier etapa, el ciclo PVHA se divide en ocho pasos como se muestra en la siguiente tabla (3.1) propuesta por Gutiérrez (2005).

Tabla 3.1 Ocho pasos para la solución de un problema, ciclo PVHA.

Ciclo PHVH	Paso	Nombre del paso	Posibles técnicas a usar
Planear	1	Delimitar y analizar la magnitud del problema	Pareto, hojas de verificación, histograma, cartas de control.
	2	Buscar las posibles causas	Observar el problema, lluvia de ideas, diagrama de Ishikawa
	3	Investigar cuál es la causa más importante	Pareto, estratificación, diagrama de dispersión y de Ishikawa.
	4	Considerar las medidas de remedio.	Por qué ... necesidad Qué... objetivo Dónde ... lugar Cuánto... tiempo y costo Cómo... plan
Hacer	5	Poner en práctica medidas de remedio	Seguir el plan elaborado en el paso anterior e involucrar a los afectados.
Verificar	6	Revisar los resultados obtenidos	Histograma, Pareto, c. de control, h. de verificación.
Actuar	7	Prevenir la recurrencia del mismo problema	Estandarizar, inspección, supervisión, h. de verificación, c. de control
	8	Conclusión.	Revisar y documentar el procedimiento seguido y planear el trabajo futuro.

Fuente: (Gutierrez, 2005)

Para esta investigación empleamos los primeros pasos que corresponden a la planeación de la mejora y la solución de nuestro problema del ciclo PVHA, recordando que nuestro principal objetivo es el de proponer mejorar el porcentaje de rendimiento del principal producto que es rollo comercial. Apoyándonos del proceso esbelto para la detección de desperdicios.

1. **Delimitar y analizar el problema.** Este punto constara de tres aspectos importantes, como primero planteamos y delimitamos el problema, donde se basa principalmente en el rendimiento de los productos derivados del árbol.

Como segundo aspecto se dio continuidad al proceso realizando un diagrama de las operaciones de abastecimiento forestal, para detectar las principales actividades donde recae la problemática principal.

Finalmente con un diagrama de Pareto apoyándonos de la siguiente tabla de frecuencias mostrada en la figura 3.1 identificando las principales especies de árboles, para así mismo tomar la muestra sobre los productos más relevantes.

Tabla de frecuencias para identificar las principales especies y productos que se obtienen del proceso de abastecimiento forestal de la CICINSJP.

Tabla 3.2. Tabla de frecuencias de las especies para diagrama de Pareto

ESPECIE	m ³	%	% acumulado
Pino			
Encino			
Otras hojosas			
Oyamel			
TOTAL			

2. **Buscar las causas posibles.** Para encontrar las posibles causas que provocan el problema principal dentro del proceso de abastecimiento, nos apoyamos con un diagrama de Ishikawa del método de 6m (material, maquinaria, mano de obra, medio ambiente, medición, método), basadas en ideas de los mismos trabajadores del proceso. Y una vez detectadas dentro del diagrama de las operaciones del proceso las actividades que afectan mayormente el rendimiento del producto, realizamos un diagrama de Ishikawa con el método del proceso, observando detalladamente estas actividades.
3. **Identificar cual es la causa más importante.** Una vez detectadas las posibles causas que afectan el problema nos apoyamos con diagramas de

Pareto y estratificación para detectar cuales son las que mayor afectan, así como las actividades donde recae principalmente la problemática.

Apoyados de la siguiente hoja de verificación determinamos el rendimiento del árbol, y el volumen que va dirigido a cada parte de este. Con el flexómetro nos permitirá tomar la longitud y el diámetro donde este se divide en los dos diámetros de la troza, el diámetro mayor y el diámetro menor. Para obtener el volumen empleamos la fórmula $\pi/3*(D+d/2)^2*Longitud$. Finalmente dentro de las observaciones detectamos principalmente los defectos que tenga el árbol, o la razón del porque pasa de ser primario a ser secundario o celulósico

Tabla 3.3. Hoja de Verificación para determinar rendimiento del árbol.

Árbol	Parte del árbol	Longitud	Diámetro		Vol. m ³	% del árbol	Observaciones
			D	d			
1	Tocón						
	primario						
	Secundario						
2							

Fuente: elaboración propia

Con la siguiente tabla determinamos los diámetros que tienen los productos que van a trocito, para obtener una hoja de verificación y una carta de control para observar la variación de los diámetros que se salen de las especificaciones y un histograma que nos permite observar la variación dentro de las longitudes.

Tabla 3.4. Para análisis de trocito

Troza	Longitud	Diámetro		Vol. m ³	observaciones
		D	d		
1					
2					
3					
4					
.					
.					

Fuente: elaboración propia

El mismo formato de la tabla anterior (3.4) ayudó a observar las trozas de rollo comercial para ver la variabilidad que tienen los motosierristas al hacer el dimensionado.

Con la siguiente hoja de verificación permitió observar la variación dentro de la longitud de las trozas.

Tabla 3.5. Hoja de Verificación de longitud de la troza.

Frecuencia total.									
Frecuencia	20								
	15		.	.	.	.	.	.	.
	10	///	.	.	.	.	.	.	.
	5	////	////	////	////	////	////	////	////
Longitud	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	

En este punto también se emplearon las herramientas del proceso esbelto el cual nos ayudaran a detectar desperdicios.

4. **Considerar medidas de remedio.** Y así se proponer las posibles soluciones a la problemática principal, y se detectan otras áreas de oportunidad de mejora dentro del proceso, para la eliminación de desperdicios con apoyo de los pasos sugeridos del proceso esbelto.

3.3. MATERIAL Y EQUIPO.

- **Equipo de medición.**
 - Cronómetros.
 - Forcípula.
 - Cintas métricas.
 - Flexometro de 16mts.
- **Equipo de seguridad.**

- Casco industrial
- Botas industriales.
- Lentes transparentes.

- **Material de apoyo**
 - Tabla de apoyo.
 - Lápiz
 - Crayones.
 - Formatos.
 - Computadora.
 - Calculadora.
 - Cámara digital Sony DSC-W55, 7.2megapiixeles.

Capítulo 4.

ESTADO ACTUAL DEL PROCESO.

4.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.

Previamente se hizo referencia de que el eje central de la presente investigación se enmarca en el proceso de abastecimiento a partir de los aspectos del derribo, del dimensionado y arrastre de producto a área de carga. Dicha enmarcación está dada por aspectos administrativos, técnicos y de eficiencia en los rendimientos de abastecimiento, lo cual tiene una estrecha relación con los controles de inventarios, la demanda de materia prima de la industria forestal y la elaboración de la respectiva documentación que efectúan instancias tanto internas como externas a la empresa, de tal manera que se presenta la necesidad de:

- a) Eliminar pérdidas por deficiencias en los cortes que se efectúan en el derribo.
- b) Optimizar la distribución de los productos primarios, secundarios y celulósicos a partir del árbol derribado.
- c) Efectuar la clasificación de productos de manera eficiente.

Principalmente el enfoque de este trabajo es el incremento del rendimiento árbol-producto de monte.

Se tiene un Volumen producido del año 2011 de:

Rollo comercial = 34.70%

Trocito = 14.34%

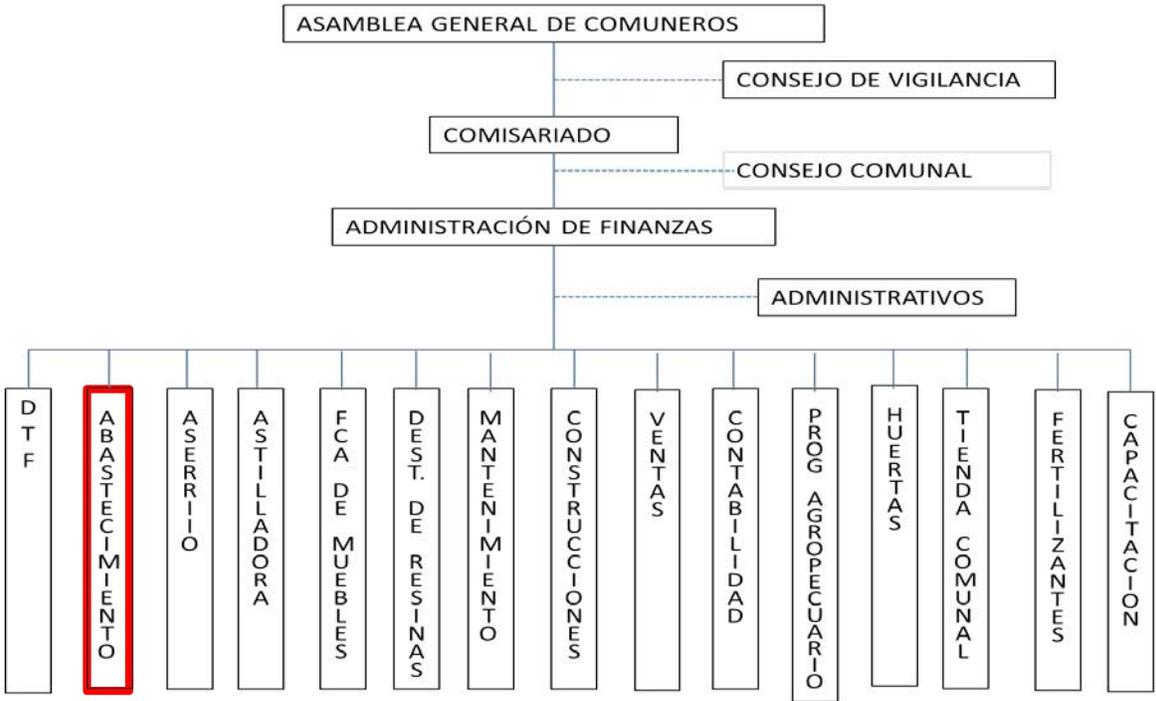
Celulósico = 50.87%

Donde se puede observar que los rendimientos del arbolado hacia productos vendibles, no corresponde a la media nacional (60% de Rollo Comercial, 20% Trocito, 20% celulósico) ni al autorizado el cual es el 70% de rollo comercial o incluso en algunos aserraderos privados se llega a aprovechar el 85% de rollo comercial (SEMARNAT, 2010). Los resultados estadísticos demuestran que se requiere mejorar el rendimiento de árbol a productos primarios (Rollo Comercial) que son los que tienen un valor mayor.

4.2. DELIMITACIÓN DEL AREA DE ESTUDIO.

Gracia y Rojas en el 2003 presentan el siguiente organigrama (Figura. 4.1) de cada una de las áreas de trabajo que conforman la Empresa y los aprovechamientos forestales de la CINSJP, en el cual detectamos y enmarcamos el área de abastecimiento que es nuestro campo de aplicación de esta investigación.

Figura 4.1. Organigrama de la empresa de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro.

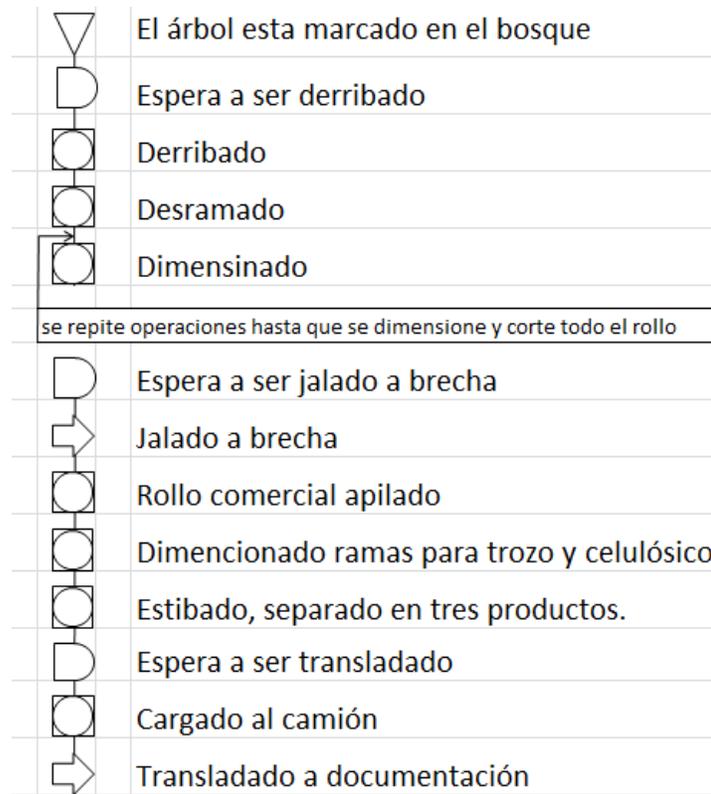


Fuente: (García y Rojas, 2003).

El área de abastecimiento forestal es la encargada de derribar, extraer y transportar los productos forestales del bosque a la planta industrial. Cuenta con motosierristas, operadores de grúa, ayudantes de grúas, estibadores, jefes de grupo y el coordinador del área. Una vez derribado el árbol, se secciona y selecciona, lo que es trozo comercial, trocito y leña para el transporte. Para su acarreo se utilizan camiones rabones propiedad de algunos comuneros. A éstos se les contrata y se les paga por flete. Todo el material que se extrae, debe documentarse (García & Rojas, 2003).

El siguiente diagrama de las operaciones (Figura. 4.2) nos muestra las actividades que se hacen en el proceso de abastecimiento, siguiendo al producto, el cual comienza cuando el producto se encuentra “almacenado”, el árbol ya marcado en el bosque esperando a ser derribado, desramado y dimensionado por un motosierrista, para posteriormente queda en espera a que sea jalado con la grúa por un operador y tres gancheros a la brecha, una vez jalado queda apilado en rollo comercial, y las ramas y puntas son apiladas cerca de la grúa para ser dimensionadas en trocito o celulósico por otro motosierrista que se encuentra a pie de grúa, quien va dimensionado durante los tiempos muertos de la grúa. Después de que queda dimensionado en sus tres productos el trocito y el celulósico es apilado por un estibador. Y así el árbol queda clasificado y apilado en los tres productos que se obtienen del proceso los cuales son rollo comercial, trocito y material celulósico para que sean contabilizados por el supervisor de la grúa. Quedando en espera a que sea cargado al camión y trasladado al aserradero.

Figura. 4.2 Diagrama de operaciones del proceso, siguiendo al producto.



Para este estudio se tomó en cuenta como actividades principales todas las que se realizan hasta que el árbol queda en espera a ser cargado, tomando como almacenamiento el árbol apilado en el bosque. Las cuales son derribo, desramado, dimensionado, jalado a brecha, vuelto a dimensionar y estibado. Mientras que las actividades donde recaen nuestras variables críticas las cuales afectan directamente el rendimiento de los productos en mayor porcentaje, son las de derribo, dimensionado, jalado y vuelto a dimensionar por lo que serán las de mayor análisis.

4.3. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE ABASTECIMIENTO.

El aprovechamiento forestal por parte de la Comunidad empezó en 1978 y la mayor parte de las áreas boscosas ya habían sido intervenidas antes de la elaboración del primer plan de manejo de la comunidad. Desde finales del siglo XIX existieron aserraderos de inmigrantes españoles e italianos que se suministraban de los bosques de la Comunidad. Posteriormente y hasta 1976, hubieron aprovechamientos por empresas de Uruapan y México D.F., y extracción clandestina de madera, resinación, desmontes agrícolas e incendios forestales. Hasta 1979 la Comunidad tuvo su primer permiso de aprovechamiento forestal legalmente autorizado (SmartWood y CCMSS, 2000).

En el manejo forestal, la Comunidad aplica el "Método de Desarrollo Silvícola", o método de "árboles padre". Tiene entre sus fundamentos el objetivo de revertir el proceso de remplazo y mantener bosques mixtos dominados por los pinos. Existe un plan de manejo de diez años de duración. La Comunidad aprovecha aproximadamente 1,000 hectáreas por año y un volumen promedio anual de 100,000 m³. Más del 75% es de pino, y el resto está dividido entre otros géneros y especies incluyendo oyamel (*Abies* spp.), encino (*Quercus* spp), y otras. En adición, la Comunidad extrae cantidades significantes de resina de sus pinos (SmartWood & CCMSS, 2000).

Esta comunidad ha practicado el Método de Desarrollo Silvícola (MDS) desde principios de los ochenta, así que fue uno de los pioneros en México para encontrar alternativas al Método Mexicano de Manejo Forestal (MMOM). El plan de manejo forestal divide el bosque en diez bloques de alrededor de 1,246 ha cada uno, maneja un ciclo de corta de cincuenta años. El volumen autorizado del año pasado fue de 73,000 m³ mientras que en el año 2000 fue de casi 97,000 m³. Se planea una serie de cortes para cada bloque dependiendo de sus condiciones, pero una secuencia ideal incluiría:

1) Un *pre-aclareo*. Donde se sacan los árboles de diámetro pequeño (10-20cm) destinados a la planta astilladora para reducir la competencia para los árboles más grandes.

2) El *segundo corte*. Este es un aclareo más vigoroso, en el que se abren espacios más grandes. Se cortan distintos árboles, incluidos los árboles enfermos y malformados. Con base en la calidad de la madera, se destina al aserradero, a la planta astilladora, o a productos secundarios. Llevar a cabo este tratamiento resulta bastante caro, pero se ve como una forma de asegurar la productividad del cultivo del bosque a largo plazo.

3) *Los cortes de regeneración*. Aquí es donde se sacan las cantidades más grandes de madera, incluidos los mejores especímenes. Después el área 184 se vuelve a plantar con la mezcla de especies establecidas en el inventario, intentando reproducir la misma composición de especies, y se guía para prevenir la entrada del ganado. Los cortes de regeneración dejan un área forestal drásticamente disminuida, por lo que al principio, tanto en las EFC como en cualquier otro lugar de México, causó alarma entre los comuneros porque parece perjudicar al bosque. Pero después de haber visto el vigor de la regeneración en estas áreas se han convencido de su valor. Para apoyar la reforestación, San Juan tiene dos invernaderos que producen 350,000-400,000 plantas anualmente (SmartWood & CCMSS, 2000).

4.1.1. PERSONAL DEL PROCESO.

El proceso de abastecimiento cuenta con un total de 46 personas operando, los cuales se desglosan de la siguiente manera:

- 3 documentadores
- 2 supervisores
- 1 Operador de la grúa mano de chango.
- 5 grúas compuestas cada una de:

- 3 motosierristas
- 3 gancheros
- 1 operador de grúa
- 1 estibador.

4.1.2. DERRIBO Y DIMENSIONADO EN ROLLO COMERCIAL.

Esta actividad la realiza dos motosierras por grúa, un total de 12 motosierristas. Inicialmente el motosierra llega al punto de reunión de todos los trabajadores donde es trasladado a la zona donde se va a derribar, llegando baja del vehículo y prepara la motosierra donde le pone gasolina diluida con aceite dual y si es necesario afila la motosierra. Se pone el equipo de seguridad que consta de casco, chaparreras, guantes. Posteriormente ubica alguno de los arboles a derribar y camina hasta el primer árbol, visualiza la dirección de la caída del árbol, prende la motosierra y comienza a derribar. Ya que ha caído el árbol, empareja el tocón y el extremo del árbol, de ahí comienza a medir y a caminar hacia la punta del árbol para dimensionar las trozas que va a obtener en longitudes que se muestran más adelante en las clasificación de los productos (Figura. 4.3), o dependiendo las instrucciones del supervisor de las longitudes que se necesitan. Una vez que llega a las ramas comienza a desramar y visualiza de donde se pueden obtener material en rollo. Terminado de desramar y dimensionar apaga motosierra y se dirige al siguiente árbol a derribar, cuando es necesario el motosierrista detiene el trabajo para volver a cargar gasolina y aceite y/o para afilar la motosierra.

4.1.3 ARRASTRE Y DIMENSIONADO EN TROCITO Y CELULÓSICO.

Una vez que se ha derribado el árbol por el motosierrista, comienzan a trabajar los gancheros, teniendo tres por grúa un total de 18 gancheros y un operador de la grúa por cada grupo para hacer un total de 6 operadores de grúa. En cada grúa el proceso es el siguiente, después de visualizar el lugar óptimo para estacionar la grúa, esta queda estacionada y sujeta con cables apoyada de

tocones como apoyo, dos de los gancheros van hacia los árboles derribados arrastrando el cable, donde sujetan ya sea el trozo de material en rollo o las ramas, terminado de sujetar dan una señal al tercer ganchero que quedo cerca de la grúa, para que este a su vez le da la indicación al operador de que comience a enrollar el cable para que este jale el trozo de madera. Una vez que llega cerca de la brecha, si es trozo de rollo comercial lo apila junto con más rollos comerciales, si son ramas para material secundario o celulósico, lo apila cerca de la grúa, donde un motosierrista se encuentra a pie de grúa esperando a que lleguen las ramas y puntas que ha sido jaladas y apiladas cerca de la grúa, mientras la grúa se encuentra apagada y los gancheros jalan del cable para hacer otro arrastre, él enciende la motosierra, camina entre las ramas y puntas mide un con una vara de madera y las corta rápidamente en una longitud de 1:05 o 1:24, cuando la grúa se vuelve a encender para hacer el siguiente arrastre, el apaga la motosierra y se retira de donde se encuentran apiladas las ramas y puntas para que no sea golpeado por las que se están jalando en ese momento.

4.1.4. ESTIBADO.

Cuando la grúa se mueve a jalar a otro punto, quedan en desorden las ramas y puntas que se han dimensionado por el motosierrista a pie de grúa, por lo que un estibador llega a separar por especies y por productos en trocito y material celulósico. El cual se apoya de un hacha y de su fuerza para rodar los troncos o levantarlos y dejarlos ordenadamente apilados a un costado de la brecha en espera a ser cargados.

4.5. PRODUCTOS Y ESPECIFICACIONES DE LAS MATERIAS PRIMAS FORESTALES.

Los productos que se manejan en la CINSJP en el área de abastecimiento forestal, son clasificadas dependiendo de la especie, calidad y tamaño en que se dimensiona el fuste y sus ramas.

Por su calidad y tamaño se clasifican en trozo comercial, trocito y material celulósico. El trozo comercial, normalmente obtenido del fuste del árbol con pocos nudos tiene un diámetro aproximado por arriba de los 30cm en punta (no se tiene una estandarización escrita), y a su vez lo dividen en cuatro dimensiones de longitud que son 2.51mts, 3.05mts, 4.88mts y 6.10mts, dándoles a todos un refuerzo de 5cm de longitud. El trocito se obtiene de la punta del fuste y de las ramas que tienen más nudos, con un diámetro entre 30cm y 18cm en punta aproximadamente (no se tienen especificaciones escritas), y diámetro mayor cuando el trozo es astillado o roto y no puede ser trozo comercial, el trocito a su vez se dividen en dos longitudes que son 1.20mts y 1mt, dándole un refuerzo de 4cm y 5cm respectivamente. Finalmente el material celulósico se obtiene de dos arboles principalmente: el encino y de los que los clasifican como hojosas también se obtiene de la base de los pinos que están resinadas y de las ramas que tienen un diámetro por debajo de los 20cm, el material celulósico es dimensionado en 1.20 y 2:40 de longitud. (Información proporcionada por Feliciano Anguiano, 2012)

Dependiendo de la especie son clasificados en pino, oyamel, encino y hojosas. Del pino y del oyamel se pueden obtener trozo comercial, trocito y material celulósico, del encino y hojosas solo se obtiene material celulósico.

En la siguiente tabla muestra la clasificación de los productos obtenidos del proceso de abastecimiento.

Tabla 4.1. Tabla de clasificación y especificaciones de los productos.

PRODUCTOS	Diámetro (cm)	Longitud sin refuerzo (mts.)	Longitud con refuerzo (mts.)	Se obtiene de:
Comercial	Mayor a 30	2.51	2.56	Pino y oyamel
		3.05	3.10	Pino y oyamel
		4.88	4.93	Pino y oyamel
		6.10	6.15	Pino y oyamel
Trocito	Mayor de 18 y menor o igual a 30	1	1.05	Pino y oyamel
		1.20	1.24	Pino y oyamel
Celulósico	--	2.40	--	Pino, oyamel, encino y hojosas
		1.20	--	Pino, oyamel, encino y hojosas

Fuente. Elaboración propia con información proporcionada del área de abastecimiento forestal de la CICINSJP

Para delimitar nuestros productos y la especie que analizaremos de la cual tomaremos las muestras, nos apoyaremos del volumen autorizado que se tiene para el año 2012 mostrado en la siguiente tabla (Figura. 4.4), para detectar cual es la especie de mayor importancia.

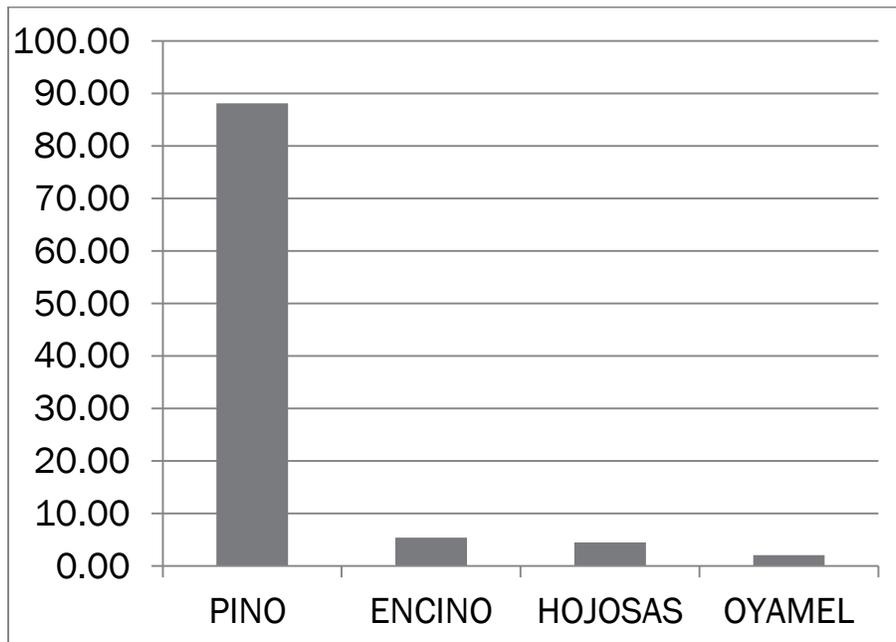
Tabla 4.2. Tabla de volumen autorizado para el año 2012.

Productos	m ³	Porcentaje %	Porcentaje acumulado
Pino	62219.789	88.12	88.12
Encino	3791.249	5.37	93.49
Otras hojosas	3142.784	4.45	97.94
Oyamel	1450.589	2.05	100
TOTAL	70604.411	100	

Fuente. Área de abastecimiento forestal de la CICINSJP

Apoyándonos con la información que se tiene con la tabla anterior (tabla. 4.2) aplicaremos el diagrama de Pareto para detectar las especies de mayor impacto sobre los productos obtenidos.

Figura 4.3. Diagrama de Pareto para las especies.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos proporcionados por el área de abastecimiento forestal de la CICINSJP.

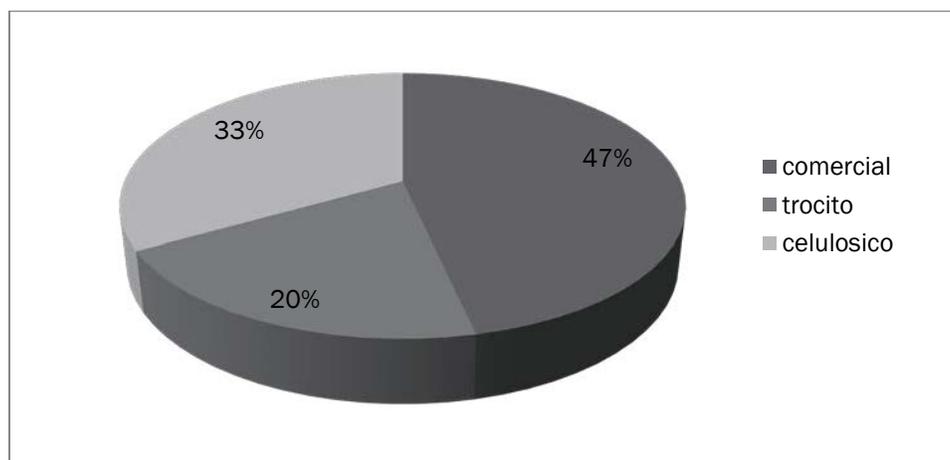
Como se puede ver en el diagrama en la especie de pino es donde recae más del ochenta por ciento de los productos a obtener, por lo que será nuestra especie a analizar y del cual obtendremos nuestra muestra donde principalmente se midió el rendimiento del rollo comercial y las causas por las que se desperdicia.

Capítulo 5.
ANALISIS Y
DIAGNOSTICO
DEL PROCESO.

Durante el año del 2011 se tuvo una producción en el área de abastecimiento forestal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, distribuida de la siguiente manera: rollo comercial 35%, trocito 15% y celulósico 50%, esto es contabilizando el total de producción de todas las especies que existen y el celulósico aumenta en gran medida ya que ciertas especies como es el Encino que tiene un volumen autorizado de 3791.25 m³ y algunas hojosas con un volumen autorizado de 3142.78 m³ lo cuales suman un volumen de 6934.03 m³ del cual no se obtiene rollo comercial ni trocito de ellas lo cual afecta económicamente ya que se obtiene el 50% de rollo de 2:40 en el encino y hojosas el cual puede entrar como rollo comercial. El precio del material celulósico es de

Analizando solo lo que se obtiene del pino se tiene que en el 2011 se obtuvo una producción de rollo comercial 47%, trocito 20% y celulósico 33%. Como se demuestra en la siguiente gráfica.

Figura 5.1. Distribución de producción del pino en el año 2011.



Fuente. Elaboración propia a partir de archivos del área de abastecimiento forestal.

Es importante recordar que la problemática principal, que orienta el desarrollo del presente trabajo es el bajo rendimiento que se tienen dentro de los productos de rollo comercial, para lo cual se tomaron muestras apoyándonos de la

tabla mostrada en el capítulo tres (tabla 3.3.), y analizando el problema para obtener las causas que afectan el rendimiento.

Tabla 3.3. Hoja de Verificación para determinar rendimiento del árbol.

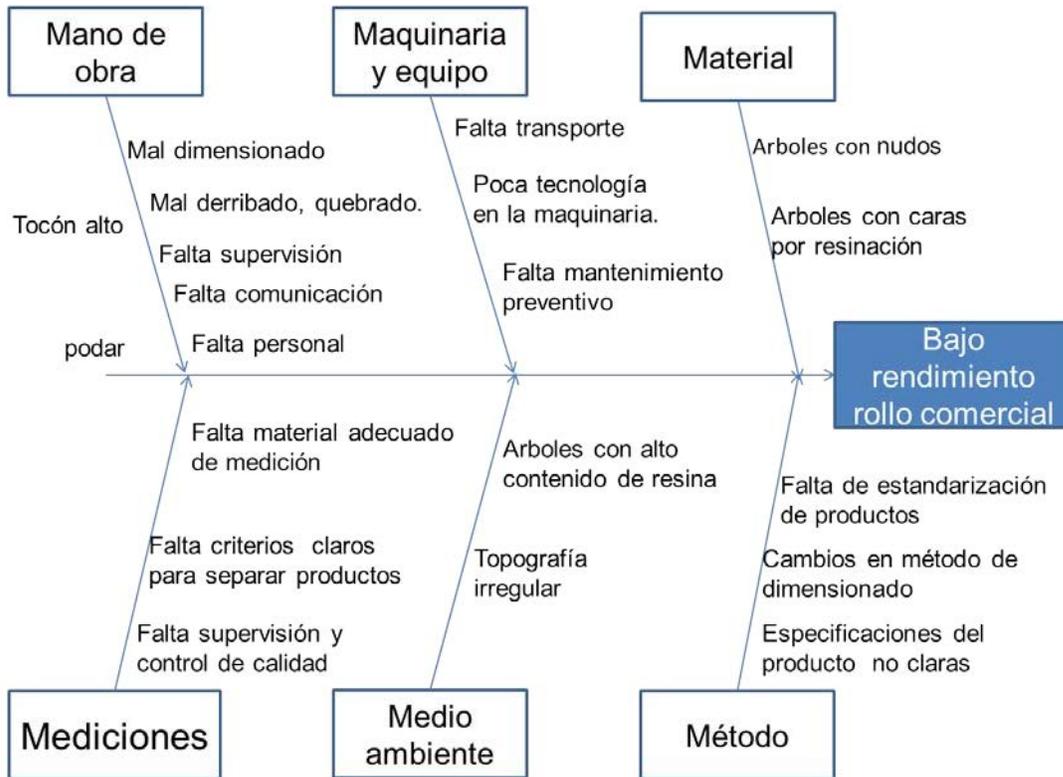
Árbol	Parte del árbol	Longitud	Diámetro		Vol. m ³	% del árbol	Observaciones
			D	d			
1	Tocón						
	primario						
	Secundario						
2							

Fuente: elaboración propia.

5.1. POSIBLES CAUSAS.

Detectaremos las posibles causas mediante la ayuda de lluvia de ideas con los trabajadores para realizar el análisis con un diagrama de Ishikawa con metodología 6M presentado en la siguiente figura (5.1).

Figura. 5.2 Diagrama de Ishikawa del proceso de abastecimiento.



Fuente: Elaboración propia.

Las causas de la mano de obra, la maquinaria, las mediciones, medio ambiente y el método dan como resultado el efecto que es el bajo rendimiento de rolo comercial. A continuación se analizan cada una de las causas y cuáles son las de mayor impacto.

5.1.1. MANO DE OBRA

La mano de obra del motosierrista que derriba es una de las causas que afecta mayormente al rendimiento ya que es el que derriba y dimensiona y depende de él cuanto rollo comercial se produce.

Se analizó un total de 132 m³ en tres grúas diferentes, siguiendo a tres motosierristas. Midiendo desde la parte que sobra del toco del cual se considera pudiera cortar más abajo si se limpia el área, el fuste completo y cada rollo primario, y la punta del árbol. Del total de m³ analizados se obtuvo un total de 32.3m³ de desperdicio que detectamos de inmediato se puede hacer rollo comercial. Observando el promedio de los porcentajes en la siguiente tabla (5.1) y como se distribuyen en el árbol.

Mediante la hoja de verificación mostrada en el capítulo 3 para tomar el rendimiento del árbol (tabla 3.3); muestra el desperdicio del árbol por diferentes causas. Tomando en cuenta el total de desperdicio que es 32.3m³ el cual se toma como el 100% tomando en cuenta las siguientes causas por los cual se desperdicia:

- Estándares de la empresa: la empresa no cuenta con estándares establecidos para los diámetros que debe de tener el rollo comercial en punta, los trabajadores suponen a simple vista a qué medida debe ser el diámetro en punta, donde la mayoría de los trabajadores suponen que se debe dejar aproximadamente un máximo de 20 cm, para después pasar a ser trocito pero tomando datos que nos arroja la tabla 3.4 para la toma de datos del trocito, se tiene un promedio del trocito de 25cm con un rango que va desde 11cm de diámetro hasta 54cm de diámetro, los cuales se considera que los que están por arriba de 20cm deberían de ser rollo comercial.

- Chueco o con nudo. El árbol cuenta con mucho nudo en el fuste antes de los 20 cm que debería obtener rollo comercial, por lo que pasa a ser trocito o material celulósico en vez de irse a rollo comercial. Esto también cuenta con árboles de doble fuste o ramas en el medio.
- Quebrado. Al momento de derribar cuando el árbol se quiebra se desperdicia una parte, en ocasiones puede ser solo la parte astillada la que se desperdicia, se empareja el trozo, pero también se llega a tener ocurrencia que al quebrar se parta por la mitad el rollo y se tenga que hacer un mayor corte para hacer el rollo comercial, también afecta en mayor medida el dimensionado del rollo comercial, que pudiera obtenerse de no haber quebrado.
- Tocón muy elevado. Se considera desperdicio cuando el motosierrista deja el tocón del árbol elevado, y limpiando el área todavía se puede hacer más al ras del piso.
- Es parte resinada. Al inicio de este estudio cortaban la parte de donde obtenían resina del árbol a una altura de 2:40mts o 1:05 por las caras que dejaba la resinación y se mandaba directo a material celulósico. Actualmente la mandan a rollo comercial tomando la primera troza desde esa parte, pero aún no se tienen especificaciones estandarizadas de como clasificar esta parte del árbol. Con lo que ha aumentado significativamente el volumen de rollo comercial.
- Mal dimensionado. Por no cortar las trozas a la medida que son las especificaciones, los motosierristas al dimensionar tienen que dejar un refuerzo de 5cm, en cualquier medida requerida, pero hay variabilidad dentro de sus cortes. Cuando dejan el refuerzo mayor de 5cm es fibra perdida del árbol, y para la siguiente troza a dimensionar. Por otra parte el mal dimensionado no se puede obtener un dato preciso del total de lo

que se considera desperdicio ya que este se va dentro del rollo comercial, por lo que lo analizaremos a fondo con una muestra de las longitudes de las trozas con la tabla 3.4.

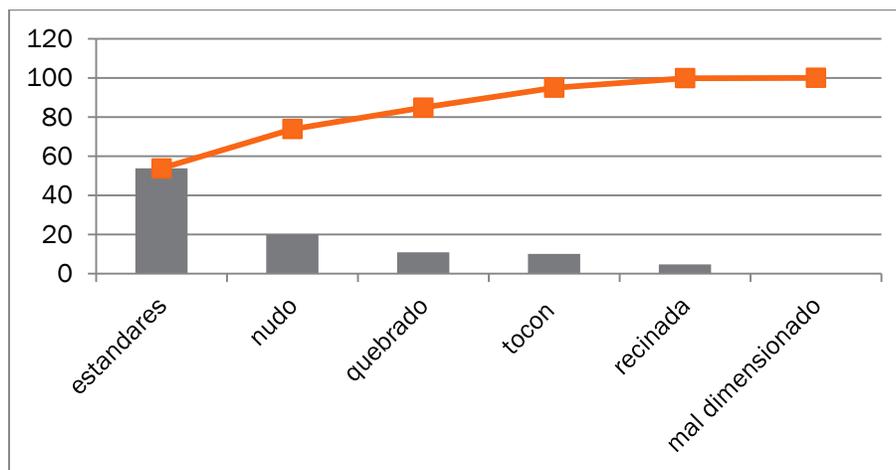
Tabla. 5.1 Causas de desperdicio de rollo comercial

Causas	m ³	Porcentaje	Acumulado
Estándares de la empresa.	17.38	53.81	53.81
Chueco o con nudo	3.54	20.03	73.84
Quebrado	3.54	10.96	84.8
Tocón muy elevado.	3.21	10.21	95.01
Es parte resinada	1.56	4.85	99.84
Mal dimensionado	0.051	0.16	100

Fuente: de elaboración propia a partir de datos recabados con tabla 3.4.

A continuación se presenta un diagrama de Pareto a partir de los datos de la tabla 5.1 de las causas principales de desperdicio de rollo comercial.

Figura 5.3. Diagrama de Pareto de las causas de desperdicio de rollo comercial.



Fuente: elaboración propia.

En el diagrama de Pareto (Figura. 5.2) se observa que el más del 80% de las causas por las que el rollo comercial pasa a ser trocito o celulósico, recae principalmente sobre las tres principales causas que tomamos en cuenta en

nuestro estudio los cuales son los estándares de la empresa no están claros ni definidos, los arboles tienen muchos nudos y cuando cae el árbol se quiebra. Por lo que analizamos cada una de estas con formatos específicos para detectar causas y cuanto podríamos aumentar nuestro rendimiento.

Para analizar los estándares de la empresa del diámetro en punta del rollo comercial, medimos los diámetros de los trocitos, los cuales detectamos varios con un diámetro mayor a 20cm en punta y sin nudos, que normalmente se obtienen de los arboles delgados, o de las puntas que el motosierrista que derriba deja largas para que la grúa jale más fácilmente, pero el motosierrista a pie de grúa trabaja rápidamente y esta impuesto a cortar solamente trozas a 1m o 1.20mts lo cual pasa una troza que pudiera ser rollo comercial a ser trocito.

Sosa Villanueva (1990) presenta los estándares para trozo primario y trocito en su tarjeta de especificaciones de utilidad.

Tabla 5.2. Tarjeta de especificaciones de utilidad

Trozo Primario			
Especie	Longitud m ³		Diámetro mínimo Puntas (cms.)
	Nominal	Real	
Pino, oyamel, cedro blanco, encino.	2.52	2.57	28
	3.05	3.15	25
	3.66	3.75	22
	4.27	4.35	19
Trozo secundario			
Pino, oyamel, cedro blanco, encino.	2.13	2.15	15
	1.23	1.85	
	1.52	1.55	
	1.22	1.25	

Fuente: (Sosa Villanueva, 1990), pág. 38

Comparando los estándares que se tienen en la empresa con los sugeridos por Sosa (1990) obtenemos la siguiente tabla (5.3) que muestra los datos

obtenidos de la tabla 3.4 para trocito, los cuales se miden la longitud del trocito y su diámetro y se observa cuáles de ellos pudieran pasar a ser trozo primario.

Tabla 5.3. Resumen de datos de trocito

	Total	Ø ≤ 25	Ø > 25
Total de trozos	326	180	146
Total real m ³	20.62	7.59	13.04
% real m ³	100%	36.78	63.22
	Total	Ø ≤ 20	Ø > 20
Total de trozos	326	68	258
Total real m ³	20.62	1.75	18.87
% real m ³	100%	8.48	91.52

Fuente: elaboración propia a partir de toma de datos con tabla 3.4.

Tabla 3.4. Para obtención de datos de trocito

Troza	Longitud	Diámetro		Vol. m ³	observaciones
		D	d		
1					
2					
3					
4					
.					
.					

Fuente: elaboración propia

Se midieron 326 trozas un total de 20.62 m³, en la tabla 5.2 la primera parte nos muestra cuantas trozas se obtuvieron con un diámetro mayor a 25cm las cuales se consideraron que pueden ir a rollo comercial, de las cuales el 63.22% del total de volumen obtenido podría pasar a ser rollo comercial. Si se estandariza la medida del diámetro a 20cm se podría llegar a ganar el 91.52% del total que se va a material secundario, convirtiéndolo en material de primera, por lo tanto incrementando la ganancia.

Para analizar la ganancia que se obtendría de pasar el 60% que del trozo comercial se analiza con la siguiente tabla del reporte trimestral de Precios de Productos Comerciales por la Comisión Nacional Forestal.

Figura. 5.4. Precios Libre a Bordo en brecha para trocería y precios para madera en pie por metro cúbico.

Precios Libre a Bordo en brecha para trocería y precios para madera en pie por metro cúbico

Región	Largas dimensiones		Cortas dimensiones	Para celulosa	Madera en pie
	Primario	Secundario			
Norte	885.04	556.54	514.95	345.40	638.93
Centro	1,121.76	739.74	402.07	158.20	655.68
Sur	1,027.67	725.13	412.64	ND*	550.00
Nacional	957.26	618.89	476.71	300.72	639.71

ND*: Dato no disponible

Fuente: (CONAFOR, 2012).

Tomando en cuenta que se tiene un total autorizado de trocito del 13688.35 m³, si se logra pasar el 60% que se puede obtener de cambiar el estándar al 25 cm el cual es un total de 8213.01 m³, que se cobraría el metro cubico a \$1,121.76 en vez de \$739.74 el precio que corresponde a la zona centro.

Tabla 5.4. Ganancias de la estandarización de los diámetros de primario a secundario de pino.

Trocito autorizado 13688.35	Secundario		Primario		Ganancia		Total	Ganancia
	m ³	%	m ³	%	Secundario \$739.74	Primario \$1,121.76		
Ø Actual	13688.35	100	0	0	10,125,822.68	0	10,125,822.68	0
Ø ≤ 25 cm	5475.34	40	8213.01	60	4,050,328.012	9,213,026.1	13,263,354.11	3,137,531.43
Ø ≤ 20 cm	2053.25	15	11635.1	85	1518871.155	13051789.8	14570660.93	4,444,838.25

Como observamos en la tabla 5.4. si logramos pasar estandarizar las medidas a un diámetro de 25 cm el rollo comercial según nuestras estadísticas estaríamos ganando el 60% de producto primario con el cual tendría una ganancia de \$3,137,531.43 con el volumen autorizado durante el año 2013, y por otro lado si se

estandariza las medidas de rollo comercial con un diámetro en punta de 20 cm y logramos obtener el 85% de producto primario en vez de secundario como muestran nuestras estadísticas se tendría una ganancia del \$ 4,444,838.25 en el año 2013.

Lo que respecta al tocón aunque no es un desperdicio muy elevado es el total del 2% del árbol que se desperdicia, lo cual si se tienen autorizados 62219.789 m³ de material en rollo de pino se tiene que se desperdicia al 2% de esta cantidad lo cual equivale a 1244.39 m³ en el tocón y esto multiplicado por \$1,212.76 que vale el rollo comercial se podría ganar una cantidad de \$1,509,153.42 (Un millón, quinientos nueve mil ciento cincuenta y tres pesos con cuarenta y dos centavos m/n). si se aumentara el 2% del tocon al primer rollo comercial que se obtiene del árbol.

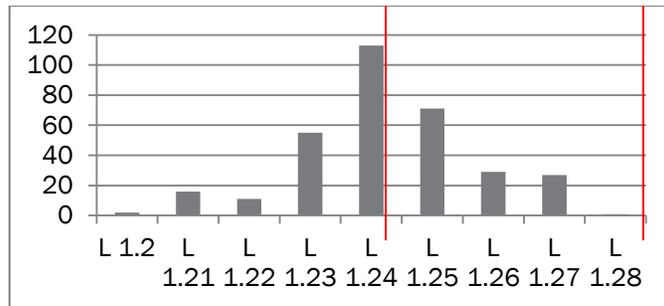
Por otro lado para analizar las longitudes de los trocitos se muestra la siguiente tabla con las frecuencias de las longitudes de las trozas de secundarios, obtenida de la tabla 3.4 para trocito. Se midieron un total de 326 trozas.

Tabla 5.5. Frecuencias de longitudes para trocito

Longitud	Frecuencia	Porcentaje
L 1.21	16	5
L 1.22	11	3
L 1.23	55	17
L 1.24	113	35
L 1.25	71	22
L 1.26	29	9
L 1.27	27	8

El siguiente histograma se obtuvo a partir de la tabla anterior (5.3) de las frecuencias de las longitudes de los trocitos medidos. Donde se observa que aun que el proceso parece centrado, sale de los límites de control, y se desfasa hacia abajo lo cual no se dimensiona con el refuerzo necesario.

Figura 5.5. Histograma de frecuencias de longitudes del trocito.



De las trozas medidas se obtuvo un volumen de 20.62 m³ empleando la fórmula $0.7854 \cdot (D+d/2)^2 \cdot L$, con la longitud real que se midió, haciendo comparación con la fórmula que aplican ellos donde estandarizan la longitud a 1.24mts, se obtiene un volumen de 20.59m³, obteniendo una diferencia de 0.03m³, lo cual no es significativa la pérdida y se puede concluir que el proceso de dimensionado de las trozas está dentro de los límites de la longitud.

También afecta el rendimiento los nudos, se deben a la falta de poda, la poda generativa es específica para pinos y algunas otras coníferas, y su propósito es generar y aumentar la producción de yemas vegetativas en el árbol, así como disminuir el tamaño de las acículas. En la mayoría de los pinos, cada par de agujas tiene en su base una yema rudimentaria y ésta es la yema que necesitamos activar, así como las yemas adventicias de madera vieja. El incremento de yemas desarrollado de esta manera asegura un crecimiento mucho más denso (Barton, 2006). Así también se observó que si el árbol está libre de nudos sirve para que el árbol no quiebre al momento de caer ya que de los arboles analizados quebraron por dos causas principales por caer en piedra y la mayoría fue por tener nudo o eran arboles de dos fustes, lo cual se podría evitar cuidando al árbol para que crezca sin nudos y derecho.

Otro factor que se analizó aunque no está dentro del 80% de los principales problemas pero también es importante destacarlo es la altura del tocón, ya que es algo que se pudiera obtener mayor rendimiento, analizando la altura que

dejan del tocón de los datos obtenidos (tabla 3.4), se tiene que dejan en promedio una altura de 31cm de tocón y va desde los 15cm hasta los 80cm.

5.1.2. MAQUINARIA Y EQUIPO.

Este punto se ve afectado principalmente por tres factores que es la falta de transporte para largas dimensiones, poca tecnología en la maquinaria, y falta de mantenimiento preventivo.

Algunos autores han determinado que el dimensionado de la trocería debe llevarse a cabo en patio, ya que dimensionarla en el bosque significa abaratar su precio de venta, aumentar los costos de extracción y de flete, disminuir el volumen de madera transformable y elevar los riesgos de aparición de mancha en la madera en rollo al tener mayor superficie desprovista de corteza. Llevar el árbol completo hasta el patio de trocería es una práctica que evita la clasificación desde el bosque y los hábitos viciados que ocasionan pérdida a los productores de la madera en rollo. (Barrera & Cuervo, 2010). Pero en este caso se almacena el rollo comercial en bosques que puede variar de una semana a un mes ya que se cuenta solamente con una grúa que carga, por otro lado también se dimensiona en los bosques sea larga dimensión o corta, la dimensión más larga que se hace en bosque es de 25pies que son 7.40m con refuerzo por falta de camiones lanza los cuales podrían cargar hasta el fuste completo. Esto afecta a que cuando se dimensiona si se encuentra en ladera el árbol o es un terreno difícil de dimensionar, por lo regular se astilla o se hace un corte chueco.

Por otro lado la maquinaria que se tiene aunque todavía se trabaja con ella tiene problemáticas continuamente a causa de ella, esto se debe a falta de mantenimiento preventivo pero también que ha llegado al final de su vida útil. Esto afecta el rendimiento ya que se detiene la producción diaria, la mayoría de las ocasiones falla las grúas de arrastre y deja de jalar retrasando el

rendimiento semanal del grupo, en el tiempo durante el estudio. A continuación se muestra una imagen donde se puede observar el desgaste de la maquinaria.

Figura 5.6. Grúa 3 del área de abastecimiento forestal de la empresa de la CI de NSJP.



Fuente: elaboración propia.

Las principales fallas que se presentaron durante nuestra visita, y toma de datos fueron pérdidas de piezas donde ocurrió en dos ocasiones y tuvieron que parar toda la jornada de trabajo, pinchadura de la llanta donde ocurrió dos veces y detiene todo una jornada de trabajo, rotura de cable lo cual afecto solo media una hora de trabajo, observando la producción semanal disminuye y afecta en gran medida estas paradas.

5.1.3. MATERIAL.

Se refiere principalmente al producto, en este caso son los trozos de rollo comercial, trocito y celulósico y la variabilidad que existe entre ellos.

Se realizó un análisis para cuatro diferentes medidas para las trozas de rollo comercial para ver su variabilidad las cuales son con refuerzo 2.56mts midiendo un total real de 30.91m³ mientras que la empresa contempla un volumen de 30.27 m³ teniendo una diferencia de 0.64m³, en la medida con

refuerzo de 3.10mts se obtuvo un volumen total real de 34.54m³ y se contempla un volumen de 34.06 m³ teniendo una diferencia de 0.49 m³, en los productos de 4.93mts con refuerzo se tuvo una muestra de 75.16 m³ y se obtuvo una diferencia de 2.32 m³, finalmente en los productos de 6.15mts se obtuvo una diferencia de 0.86 m³, los resultados se muestra a continuación en la siguiente tabla (5.4).

Tabla. 5.6. Desperdicio del dimensionado en rollo comercial

Long. con refuerzo	Vol. Real m ³	Vol. Contemplado m ³	Diferencia m ³
2.56m	30.91	30.27	0.64
3.10m	34.54	34.06	0.49
4.93m	75.16	72.84	2.32
6.15m	80.39	79.54	0.86

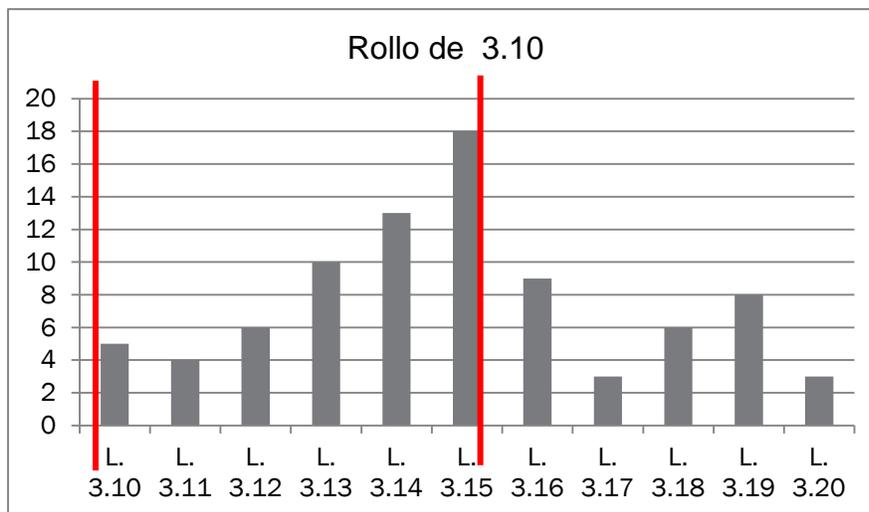
Fuente: elaboración propia a partir de la toma de datos de la tabla 5.4.

Donde podemos observar que realmente no hay una diferencia significativa aunque los motosierristas llegan a dar un refuerzo de 10cm en vez de los 5cm que se piden. Y por lo regular salen de los límites de la longitud hacia arriba donde se desperdicia menos que si cortaran menos que el refuerzo ya que no saldría la tabla que debe de salir y tendría que pasar a la medida de abajo y se obtendría mayor desperdicio.

Aunque el dimensionado de la troza no afecta demasiado al rendimiento nos dimos cuenta de que hay variación dentro de las longitudes de las trozas por lo que hicimos cartas de control para las longitudes con refuerzo donde se puede observar que todas las medidas salen de los límites de control que se han determinado marcados con una línea roja tomando como límite inferior el mínimo de refuerzo que se debe de tener que es de 5cm y tomando como límite superior 5cm mas de refuerzo en total 10cm de refuerzo como límite superior.

En la siguiente figura (5.6.) el histograma de longitudes de rollo comercial a 3.10 mts analizamos 84 trozas en total un volumen real de 34.54 m³ teniendo como promedio de 3.14mts donde salen un total de 29 trozas de los límites de control.

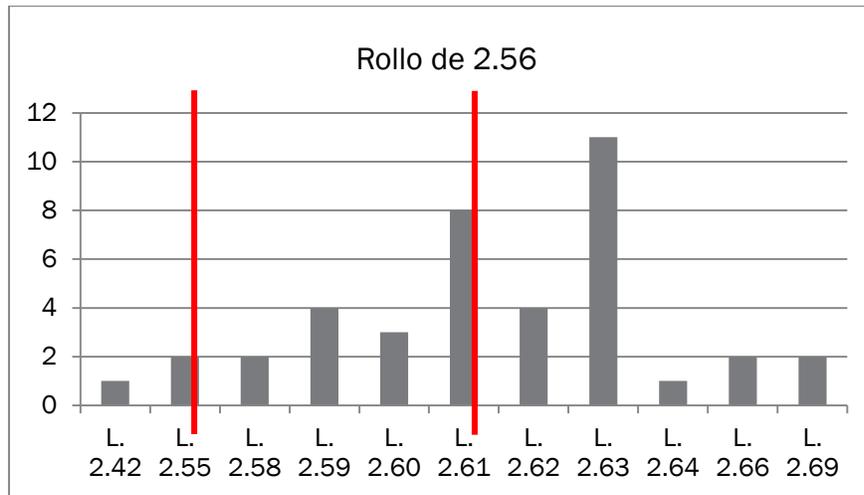
Figura. 5.7. Histograma de las longitudes de rollo comercial a 3.10mts



Fuente: elaboracion propia.

En la siguiente figura (5.7.) el histograma de longitudes de rollo comercial a 2.56 mts analizamos 40 trozas en total un volumen real de 30.91 m³ teniendo como promedio de 2.61mts. donde salen un total de 20 trozas de los límites de control.

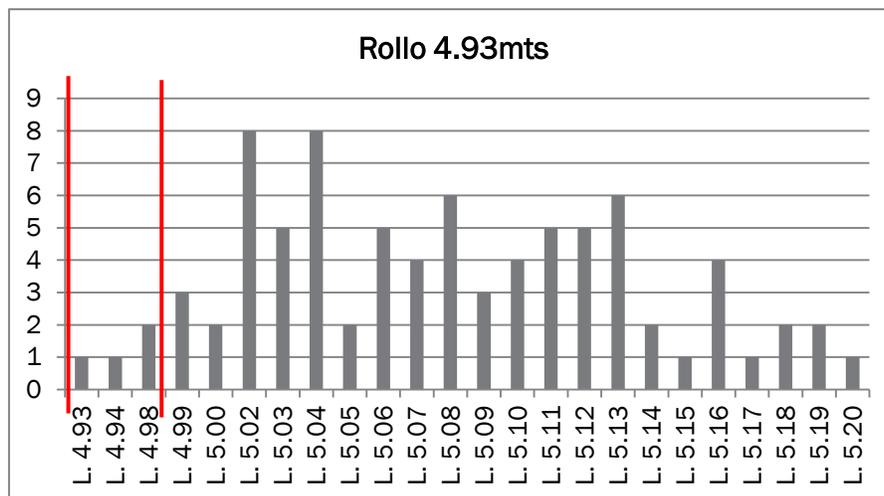
Figura. 5.8. Histograma de las longitudes de rollo comercial a 2.56mts



Fuente: elaboración propia

En la siguiente figura (5.8.) el histograma de longitudes de rollo comercial a 4.94mts analizamos 83 trozas en total un volumen real de 72.84 m³ teniendo como promedio de 5.07mts donde salen un total de 79 trozas de los límites de control.

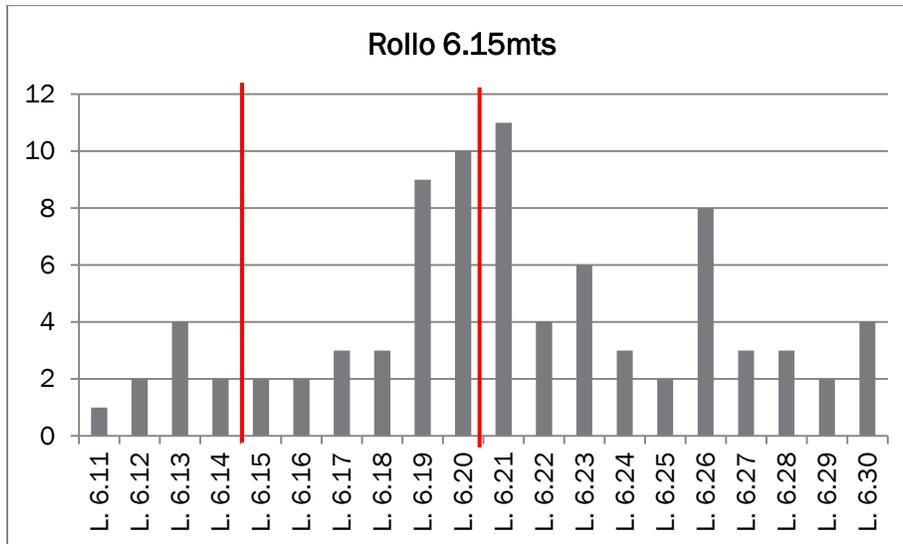
Figura. 5.9. Histograma de las longitudes de rollo comercial a 4.93mts



Fuente: elaboración propia.

En la siguiente figura (5.8.) el histograma de longitudes de rollo comercial a 6.15mts analizamos 84 trozas en total un volumen real de 80.39 m³ teniendo como promedio de 6.21mts donde salen un total de 46 trozas de los límites de control.

Figura. 5.10. Histograma de las longitudes de rollo comercial a 6.10mts



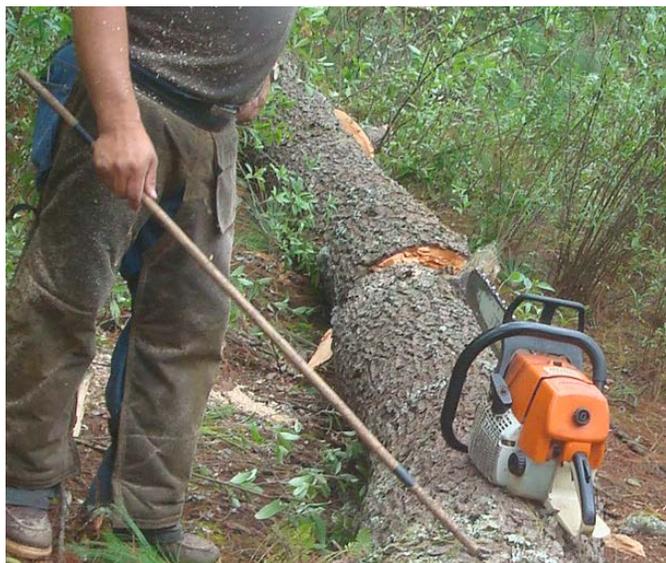
Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar todas las medidas salen de los límites de control, por lo tanto no tienen un proceso controlado dentro de los límites de las longitudes, esto puede ser a que los trabajadores cortan en un lugar muy incómodo por las laderas, o por hacerlo rápido.

5.1.4. MEDICIONES.

Lo que respecta a las mediciones detectamos falta de equipo adecuado para hacer las mediciones, de las longitudes de las trozas ya que los trabajadores crean una vara de madera hecha por ellos mismos para dimensionar, y no es exacta en su totalidad. La vara que se emplea se demuestra en la siguiente imagen.

Figura 5.11. Vara de los motosierristas para dimensionar.



Fuente: elaboración propia.

Otra situación que afecta las mediciones y por lo tanto el rendimiento son la falta de comunicación clara y escrita de la forma de dimensionar de los trabajadores y las medidas que se requieren. Falta de capacitación para esto. Los motosierristas dimensionan aproximadamente sin medir previamente el trozo, lo que hace que se desperdicie por lo regular el ultimo trozo, también que falte control y supervisión, y no se cuenta con controles de calidad establecidos ni indicadores para medirla.

Dentro de este punto cabe las especificaciones de las medidas de los diámetros que se deben separar los puntos, pues como ya lo hemos visto anteriormente, mucho producto que pudiera ser rollo comercial pasa a ser trocito por la falta de estandarización de las medidas.

5.1.5. MEDIO AMBIENTE.

Uno de los principales problemas que afectaba el rendimiento a nuestra llegada a observar el proceso, era la resinación, ya que la parte resinada la cual era de

2.40mts. pasaba directo a ser material celulósico pudiendo obtener rollo comercial de este trozo. Actualmente aunque este trozo con caras se dimensiona con rollo comercial, se hacen trozas muy grandes y al momento de cuadrar en el aserradero se desperdicia más para poder quitarle las caras de la resina. Es un problema considerado dentro del medio ambiente ya que el área de aprovechamiento no puede controlar puesto que de la resinación también se obtiene gran ganancia y se consiguen diversos empleos por lo que no se puede eliminar. Mas sin embargo pudiera controlarse la resinación y existe poco control sobre la forma de hacerlo y dañar menos al árbol. Se hizo una toma de 100 muestras sobre la resinación para detectar el número de caras que tienen los árboles y la altura de estas y obtuvimos que en promedio se tiene cuatro caras por árbol donde van desde una cara hasta 10 caras llegan a tener, con una longitud promedio de 2.40mts, donde va desde los 1.20mts y llegan a medir hasta 3.16. La siguiente imagen muestra lo alto que puede llegar a estar una cara de resinación. Con una persona parada que mide 1.67 más la forcípula que mide 1.20mts. La cara mide aproximadamente 3mts.

Figura 5.12. Altura de las caras de resinación



Fuente: elaboración propia

Otra situación que afecta el rendimiento sin embargo no podemos controlar en su totalidad es el terreno del bosque donde se derriba y se dimensiona, esto afecta al rendimiento ya que como vimos anteriormente uno de los problemas principales es que el árbol quiebre al caer, ya que puede caer en una piedra o desde muy alto por estar en ladera, o que al dimensionar se astille o rompa, esto también es porque se encuentra inclinado en un terreno que no es plano.

5.1.6. MÉTODO.

Por lo que respecta al método del proceso, se ha detectado que el flujo de información no está estandarizado, es verbal y se tienen cambios frecuentes del dimensionado, por lo que no siempre todos los trabajadores están informados de las medidas que se tienen que dimensionar o de los cambios que se realizan. Esto afecta de manera directa tanto al rendimiento como a la calidad del producto y las especificaciones que hacen falta.

Dentro de este punto también encontramos falta de control de inventario dentro del producto almacenado en el bosque que se va derribando, y parámetros e indicadores para medir la calidad de los productos, parámetros para medir el desempeño de los trabajadores, y supervisión de estos y control sobre cuando se detiene el proceso o baja el rendimiento por la falta de algún trabajador.

Dentro de la metodología también entra el problema anteriormente señalado, que no se tienen documentación ni especificaciones de los productos, que realmente se requiere, y falta de medición exacta de los trabajadores para los diámetros, y la falta de estandarización de estos.

El rendimiento se ve afectado por la falta de capacitación de los trabajadores continuamente, ya que son escasas estas y todos los trabajadores, van de acuerdo con la experiencia que tienen. Así también faltan círculos de calidad o reuniones para detectar posibles mejoras dentro del proceso e incrementar el

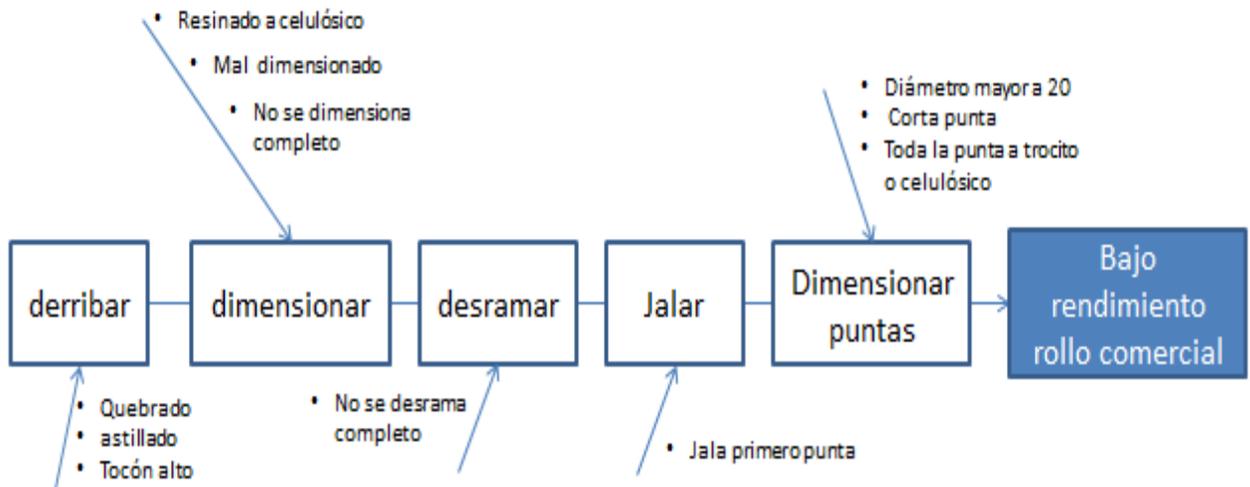
flujo de información entre supervisores y trabajadores. La siguiente imagen muestra productos de trocito donde la mayoría son de un diámetro de 30cm y no presentan nudos, con esto se demuestra que estos trozos pudieran pasar a ser rollo comercial y tener una mayor ganancia de estos. Sosa (2004) menciona que los diámetros en punto de rollo comercial pueden ser de 20cm. Con lo que ya vimos anteriormente más del 70% de pasaría de ser trocito a rollo comercial.

Figura. 5.13. Productos trocito del área de abastecimiento forestal



Para observar las posibles causas que afectan el rendimiento dentro del proceso se hizo un diagrama de Ishikawa con el método del tipo flujo de proceso que muestra causas más específicas que se encuentran dentro del proceso y método del cual se tiene bajo rendimiento.

Figura. 5.14. Diagrama de Ishikawa del flujo del proceso.



Fuente: elaboración propia.

En la actividad de derribar se detecta que se puede quebrar, astillar o dejar el tocón muy alto, lo cual ya vimos anteriormente con que frecuencia y en que porcentaje afecta al rendimiento. Al momento de dimensionar afecta el mal dimensionado y mal medido de los motosierristas, pero también afecta que el motosierrista que está derribando no dimensiona completo ya que como se muestra en la actividad de dimensionar puntas, el motosierrista a pie de grúa solo dimensiona dimensiones para trocito o celulósico, mandando posible rollo comercial a trocito o celulósico.

Al momento de desramar el que no se desrame completo afecta que el motosierrista de pie de grúa lo mande a celulósico en vez de trocito también perdiendo mayor ganancia, esta actividad también es importante que se realice ya que al momento de hacer el arrastre de la punta del árbol con ramas daña a la reforestación que se tiene en el área de arrastre. Aunque esto no afecta el rendimiento actual lo afecta a largo plazo ya que se pierden pinos para obtener los productos en el futuro.

Cuando la grúa jala las ramas o puntas o trozas a dimensionar todavía, en ocasiones lo hace jalando primero el diámetro más pequeño lo que ocasiona que el motosierrista empiece a dimensionar a partir de este diámetro y deje el diámetro más grande desperdiciado, teniendo perdida de la troza.

Finalmente al dimensionar las puntas, como ya se analizó anteriormente en las especificaciones de la empresa, los motosierristas a pie de grúa no dejan un diámetro menor a 20cm en punta para los trocitos, cortando apresuradamente todas las puntas o trozas a 1.20cm o 1m, esto se debe a la rapidez con que hace el arrastre la grúa y no ser lastimado.

5.2. PROCESO ESBELTO.

Para detectar las mudas o las actividades innecesarias del proceso, aplicaremos la metodología de manufactura esbelta o proceso esbelto donde recorriéndolo de inicio a fin detectaremos actividad por actividad cual podemos eliminar. En la siguiente tabla se muestra cada una de las actividades, especificándose qué tipo de muda, si es de tipo 1 que son aquellas actividades que son mudas o desperdicios pero son necesarias y no se pueden eliminar, la muda de tipo 2 son aquellas actividades que se pueden eliminar y finalmente las actividades que no son desperdicios y agregan valor al producto se marcan con la palabra NO.

Tabla 5.7. Actividades del proceso para la detección de mudas

Actividad	Descripción	Muda
1	Derribado	No
2	Desramado	No
3	Dimensionado	No
4	Espera a ser jalado y apilado hasta la brecha	2
5	Jalado por la grúa hasta la brecha	2
6	Dimensionado en material para trocito y celulósico	No
7	Estibado el material para trocito y celulósico	1
8	Espera a ser medido por supervisor de grupo	2
9	Medido por supervisor de grupo	1
10	Espera a ser cargado al camión	2
11	Medido nuevamente	2
12	Cargado y (rollo por grúa, trocito y celulósico por camioneros	No
13	Trasladado a documentación	1
14	Inspeccionado y medido	2
15	Documentado	1
16	Trasladado a patio de aserradero	1
17	Descargado	1
18	Inspeccionado y medido	2

Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Con esta investigación concluimos que el proceso de abastecimiento forestal de la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Paarangaricutiro tiene diferentes áreas de mejora para aumentar el rendimiento de los productos principalmente del rollo comercial, y también se llegaron a detectar otras áreas para crear un proceso mas eficiente, eliminar desperdicios, reducir tiempos y movimientos y aumentar la calidad de los productos.

Se concluye que el principal problema del bajo rendimiento de rollo comercial dentro de todo los productos se debe a que no se comercializa el encino y hojasas, por otro lado solo dentro de rendimiento del pino, que es el principal producto la principal problemática que se tiene son las estandarizaciones del diámetro para clasificarlo dentro de rollo comercial al celulósico, posteriormente le sigue que el árbol tenga nudos y finalmente quiebre al caer, esto depende de varios factores como la habilidad del motosierrista al derribar o que el árbol haya sido podado desde antes. También se detectaron otros problemas al dimensionar se astilla por estar el árbol en un terreno inclinado, y que el tocón lo dejan muy elevado, aunque afectan en menor proporción al rendimiento se recomienda también atacar estos problemas.

Dentro de la mano de obra recomendamos varios aspectos de acuerdo con los problemas detectados en el diagrama causa efecto, como es primeramente capacitación a los motosierristas continuamente y como implementación de los círculos de calidad con los trabajadores.

Dar a conocer al personal las nuevas propuestas, capacitarlos acerca de sus actividades a realizar, reafirmar las actividades que se deben de realizar, sin dejar pasar por alto las otras, y las metas que se desean cumplir. Haciéndolo constantemente cada determinado periodo de tiempo para tener informado sobre mejoras o puntos a mejorar, se tiene mejor desempeño de los trabajadores,

reducir los desperdicios se trabaja bajo un mismo fin para alcanzar una meta, se obtiene mayor productividad, se reafirma constantemente las actividades a realizar, y la importancia de cada una de ellas.

La capacitación en la productividad y rendimiento concluyen que: la capacitación es una herramienta crucial para que los productos sean ensamblados y/o manufacturados de acuerdo con los más altos estándares de calidad. Asimismo, la inversión en capacitación se traduce en mayor productividad, asociado principalmente con menor retrabajo de productos y rechazos. Los estudios de caso indican que las empresas que basan su competitividad en calidad e innovación asignan un papel central a la capacitación de sus empleados. Esto se refleja en los recursos invertidos, en la profesionalización de los sistemas de detección de necesidades y en la impartición de capacitación y los mecanismos de evaluación, entre otros aspectos. El análisis empírico permite concluir que la capacitación en la empresa se asocia positivamente con la competitividad (estimada como productividad) tanto a nivel micro (la empresa), como a nivel meso (la región). A su vez, los resultados econométricos indican que a nivel micro la vinculación de la capacitación y la competitividad varían entre ramas industriales con distintas características productivas y tecnológicas. En general, la capacitación tiene un impacto especialmente positivo en el mejoramiento de la calidad de los productos y la facilitación de la innovación tecnológica (Padilla & Juárez, 2006).

Por otro lado igualmente los círculos de calidad y son importantes para la mejora ya que los trabajadores proponen constantemente mejoras al proceso. Diversos autores como por ejemplo afirman que los círculos de calidad pueden mejorar la calidad, la productividad y satisfacción de los trabajadores en las empresas y es necesario que los trabajadores sean parte de la estrategia de calidad de las empresas en la cual estén comprometidos los altos niveles gerenciales con el desarrollo del personal, liderazgo participativo, sino existe la conciencia de los mandos gerenciales y medios de que la calidad es importante, el

sistema de calidad tampoco existirá para mejorar el desempeño de la empresa (Reyes, 2002)

Aunque también es parte del método pondremos las operaciones que se realizan dentro de mano de obra donde de acuerdo con el estudio realizado recomendamos los siguientes puntos que detectamos afectan en gran medida el rendimiento de los productos, y su calidad.

Dimensionar trocería en patio. La trocería, dando a cada troza una longitud determinada en función de los pedidos de los clientes. Es importante optimizar las largas longitudes al momento de hacer el dimensionado, pues aumentan el valor del producto y disminuyen los tiempos en el proceso de asierre (Barrera & Cuervo, 2010)

El dimensionado de la trocería debe llevarse a cabo en patio, ya que dimensionarla en el bosque significa abaratar su precio de venta, aumentar los costos de extracción y de flete, disminuir el volumen de madera transformable y elevar los riesgos de aparición de mancha en la madera en rollo al tener mayor superficie desprovista de corteza. Llevar el árbol completo hasta el patio de trocería es una práctica que evita la clasificación desde el bosque y los hábitos viciados que ocasionan pérdida a los productores de la madera en rollo. (Barrera & Cuervo, 2010)

En cualquier lugar que se realice el troceo, se debe marcar previamente el fuste antes de iniciar los cortes, esto permite analizar bien el árbol y obtener la mayor cantidad de volumen en trozas de la mejor calidad. Algunas veces se puede realizar el marcaje en el sitio de corta, aprovechando el recorrido que el motosierrista hace por el fuste cuando se ejecuta el desrame (ibed).

Como se observó en las muestras mucha trocería quedaba desperdicio por no calcular bien las medidas del árbol dejando parte importante de rollo comercial

se desperdiciara por ya no dar la medida mínima de 2.44 mandándola a secundarios o trocito.

Aunque se tiene la problemática de que no se tienen camiones los suficientemente grandes y largos para transportar largas dimensiones o el fuste completo y esto hace que no se pueda dimensionar en los patios, existen varios árboles que si se podrían realizar, lo importante es que se tenga en cuenta y que lo consideren para hacer el mayor dimensionado en el patio.

Otra de las ventajas que obtiene de mandar el fuste completo o trozas de dimensiones lo más larga posible es que el inventario que se maneja en el área de derribo estaría más controlado, por tener menos trozas que medir y se ahorraría tiempo. Igualmente el motosierrista que va derribando aumentaría su productividad ya que no tardaría en dimensionar troza por troza.

Igualmente mandar las trozas delgadas y ramas lo más completas posibles evitaría el desperdicio que genera el motosierrista que está a pie de grúa dimensionando, por la rapidez con que tiene que trabajar. Y ya en patio se podrían medir troza por troza para así determinar con mayor precisión cual puede ir a rollo comercial, a trocito o celulósico.

Limpieza en la base del árbol. La limpieza de la base del árbol y alrededor de la base del árbol se hace con el fin de poder efectuar el trabajo con mayor facilidad, aumentar el rendimiento, evitar accidentes y daños a la cadena. En algunos casos si hay mucha vegetación se deben despejar también el camino de escape y la dirección de caída del árbol (Tanner, 1996). El mismo motosierrista que derriba podría hacer limpieza del árbol o el personal que marca tener alguien encargado de ir limpiando alrededor de los árboles que se derrumbaran.

Esto beneficiaría a que el desperdicio que se tiene por el tocón alto que como ya observamos en este estudio anteriormente es el 10% del total del

desperdicio si se hace una limpieza alrededor del arbol este porcentaje bajaría o se reduciría y se tendría una ganancia en el rendimiento del rollo comercial

Podar La poda del pino tiene el objetivo fundamental de evitar la formación de nudos en la madera al cortar las ramas existentes a lo largo de determinadas alturas del tronco. Si se realiza de forma adecuada, la poda no tiene efecto negativo sobre el crecimiento en altura de los pinos. En ningún caso debe esperarse un aumento del crecimiento como consecuencia de la poda (Rodríguez Soalleiro, Vega Alonso, & González Rosales, 2006)

La poda solo interesa en aquellos pinos que van a proporcionar madera gruesa apta para el aserrado o incluso el desenrollo. En pinos que van a dar madera de pequeñas dimensiones destinada a la trituración, no tiene sentido podar. Así, en los pinos que siendo muy ramosos tienen ya un elevado diámetro, carece de sentido económico hacer una poda, puesto que la mayoría de la madera ya presenta nudos. La situación óptima es la poda de pinos con diámetro normal de 10 a 15 cm (Ibed).

La poda evita los nudos del árbol y al evitar los nudos o que tengan dos fustes con esto también se evite rompan al caer. Con lo que se aumentaría el rendimiento si se disminuye que el árbol quiebre o astille por el nudo o dos fustes como se observó en el estudio se disminuiría el 20% del total de los desperdicio y aumentaría el rendimiento total en vez del 50% que se tiene actualmente podría alcanzar con estos puntos hasta el 70% de rollo comercial y disminuir los productos que se van a secundarios o celulósicos.

Método Lo que respecta al método como pudimos observar en los estudios en el capítulo 5 lo que mayor afecta el rendimiento es que no se tiene estándares ni claro entre los trabajadores cuales son los diámetros que se deben manejar por lo que se recomienda lo siguiente.

Crear estándares y documentación. Como se detectó en el capítulo 5 no existe estandarización de las medidas del diámetro y son medidas vagamente a simple vista del mosotosierrista, por lo que se recomienda crear un documento con características específicas de la empresa de acuerdo a las normas ya existentes, la calidad de la madera en rollo incluye varias características de la forma de la troza: conicidad, curvaturas, cicatrices y aviejamiento, así como de la dimensión: diámetro y longitud; este último criterio varía y depende de acuerdos comerciales entre productores y compradores. Se considera que una troza secundaria no puede tener un diámetro menor a 20 centímetros ni una longitud menor a 8pies, características que corresponden a la calidad de aprovechamiento (Barrera & Cuervo, 2010). Por otro lado Zavala y Hernández dicen que según La Norma Mexicana NMX-C-359-1988(DGN, 1988) establece que las trozas deben tener un diámetro mínimo de 25cm y longitud de 2.44mts (Zavala Zavala & Raúl, 2000)

Como detectamos en nuestras muestras del diámetro de los secundarios llegan a medir hasta 50cm sin defectos, el cual pudiera pertenecer a rollo comercial y más de la mitad de las trozas miden por arriba de los 25 y 30cm las cuales podría generar mayor ingreso si se clasifican como rollo comercial. Ya que es difícil medir trozo por trozo su diámetro el motosierrista a pie de grua ya que trabaja rápidamente se recomienda que los dimensionen todos los secundarios en largas dimensiones como mínimo de 2.51mts y así poder clasificarlo en patios.

Medir la calidad. Otras cosas que se recomienda es tener parámetros e indicadores para medir la calidad y el desperdicio del material de rollo comercial constantemente con algún formato como el que se propone en la tabla 3.4 donde especifica el por qué se ha desperdiciado, también se podría medir por que se quiebra o porque es astillado, pues con esto se estaría consiente de las causas que afectan el rendimiento y se podría medir el proceso y su calidad más fácilmente con regularidad. Se recomienda se basen en las siete herramientas que se tiene para medir la calidad y dar un pequeño curso de capacitación

principalmente a los supervisores del área, documentadores y administradores, incluso a los trabajadores para que tengan conocimiento de los parámetros a medir y que es lo que se debe mejorar para todos trabajar bajo un mismo fin y una misma meta.

Sistema de cómputo. Se recomienda tener sistemas de cómputo con los indicadores que midan la calidad, y una base de datos con lo que se podrá hacer análisis más rápido. Se puede empezar para el rendimiento que se obtiene semanalmente y para hacer la documentación y meter los datos obtenidos a la computadora, esto podría evitar tantos conteos que se tienen de cada troza. La medición de las trozas con computadora o dispositivo se podría hacer desde el bosque y las entradas y salidas serían más controladas, así como se podría ahorrar tiempo en la documentación solo pasando el archivo de un lugar a otro. Los dispositivos que se manejan en el bosque podrían ser pequeños como un celular o una computadora pequeña. Para esto es necesario capacitar a cada trabajador con los sistemas, principalmente a los supervisores de las grúas que son los encargados de tomar y pasar el inventario al área administrativa donde llevan el control de la producción con esto se tendría menos errores y se desperdiciaría menor tiempo, ya que incluso sería fácil determinar la producción diaria, de motosierristas, grúa o estibador, ya que actualmente se maneja semanalmente.

Maquinaria y medición. En este punto juntamos la maquinaria y la medición ya que básicamente en la medición lo que afecta es la falta de equipo a los trabajadores para medir por lo que se recomienda invertir en maquinaria y equipo, ya que como lo mostramos en la figura 5.7 la grúa con la que se trabaja tiene constantemente fallas y descomposturas lo que se ve seriamente el rendimiento afectando la producción semanal por estas fallas.

Principalmente se requieren dentro de la maquinaria y equipo como ya mencionamos antes las computadores en campo para tener mejor inventario y

control de entradas y salidas, equipo para hacer mediciones correctamente de los motosierristas, con lo que dejarían de utilizar las varas que usan que ellos mismo hacen y no están estandarizadas.

Los camiones lanza para transporte del fuste completo, o dimensiones más largas de las que se transportan actualmente con esto permitiría hacer el dimensionado en patio y quitar la problemática del dimensionado en zonas irregulares y en donde se derrumba y que por esta práctica el fuste se astille o estar mal dimensionado. Por lo tanto incrementando el rendimiento del material en rollo.

Cambiar las grúas, podrían obtenerse grúas similares o de mejor calidad incluso esto haría que se puedan reducir los grupos de trabajo y cambiar al personal a otras áreas donde se ocupa más como por ejemplo para la poda. Todas las grúas ocupan ser actualizadas y sobre todo la mano de chango que es la que carga las trozas a los camiones, incluso se podrían tener dos para aumentar el rendimiento y evitar que las trozas queden demasiado tiempo en espera de ser transportadas ya que llegan a quedarse en el cerro más de un mes con lo que se puede desperdiciar la troza completa.

Medio ambiente y material. Dentro de estos puntos que juntamos ya que el material se refiere a los materia prima con que se forma el producto, en este caso se refiere a los árboles para obtener los productos de ellos que son las trozas. Podría considerarse dentro del medio ambiente, y podría pensarse que no se puede hacer nada al respecto con esto ya que depende del medio como salgan los arboles pero esto es controlable a largo plazo. Por ejemplo para evitar arboles con nudos como se recomendó anteriormente se realicen las podas, con lo que se obtendría mayor calidad en los productos.

El terreno y laderas es difícil de controlar pero puede mejorarse y modificar con la buena planeación de los caminos que se trazan y los aclareos que se tiene. Por lo que es importante la buena planificación de estos.

Otro aspecto que se mencionó en el capítulo cinco, que va dentro del medio ambiente es la resinación, ya que esto no lo controla el área de abastecimiento, pero es importante que la empresa lo controle y se planifique, ya que las caras de resinación afectan el rendimiento de las trozas. En este caso se resina todos los pinos incluso aquellos de los que casi no se obtiene resina pero sin embargo se obtiene madera de primera calidad como es el caso del pino Lacio que es el *Pinus oocarpa*.

Dentro del material y productos se detectó que el rollo comercial no se vende, solo lo venden transformado ya cuando ha sido aserrado, se recomienda se busque clientes fabricantes de contrachapado y vender el rollo comercial completo ya que este tiene alto valor comercial y los diámetros que se tienen dentro del bosque son grandes y de calidad para obtener grandes ganancias de ellos. Por otro lado también se recomienda buscar una clientela para el encino y hojosas ya que estos van directamente a material celulósico y lo muelen lo cual se sabe que pierde gran valor comercial, en cambio si se asierra y se vende como rollo comercial o tabla se aumentaría el valor de estos productos y el rendimiento de rollo comercial dentro del área de abastecimiento aumentaría no solo con el pino sino con encino y hojosas.

En cuanto respecta a la grúa y al motosierrista que trabaja al pie de grúa se detectó que trabajan apresuradamente dimensionando todo en la medida de secundarios sin fijarse cuál puede ser clasificado en rollo comercial de acuerdo al grosor del árbol, también la grúa jala las puntas al revés provocando que el motosierrista empiece a dimensionar de la punta más delgada generando desperdicio del diámetro más grueso que es el que se obtiene mayor rendimiento,

Una de las propuestas de mejora que más se recomienda y el cual solucionarían varias problemáticas de rendimiento de los productos derivados del pino es que se traslade el fuste completo o una dimensión lo más larga posible para que estos sean dimensionados en el patio y ahí separarlo por rollo o por secundario.

Se recomienda se invierta en maquinaria nueva sobre todo en el tractor mano de chango el cual es el que carga las trozas en los camiones, y las grúas que constantemente se descomponen. Dentro del equipo se recomienda un sistema de cómputo para tener mayor control y precisión de entradas y salidas dentro del bosque y crear indicadores para medir la calidad de los productos.

Finalmente Se recomienda principalmente la capacitación de los trabajadores constantemente para enseñarles nuevas tecnologías como es el caso de introducir sistema de cómputo. Así como los círculos de calidad para que todos los trabajadores aporten sus ideas sobre aumentar la calidad y sean conscientes de ella, y tengan noción de las herramientas de calidad que se pueden manejar. Con lo que se aumentara el rendimiento, la productividad y la calidad.

BIBLIOGRAFIA.

- 12 Manage, T. E. (2009). *Diagrama Causa-Efecto*. Recuperado el 2012, de http://www.12manage.com/methods_ishikawa_cause_effect_diagram_es.html .
- <http://www.fundibeq.org>. (2010).
- A. Shewhart, W. (1939). *Statistical Method From the Viewpoint of Quality* .
- Aguirre, A., y Villanueva, O. (2008). *Evaluación operacional y ambiental del abastecimiento forestal en el Ejido El Brillante, Pueblo Nuevo, Durango*. El Salto, Durango: Instituto Tecnológico de EL Salto.
- Allen, J., Robinson, C., y Stewart, D. (2001). *Lean Manufacturing: A plant floor guide*. Society Of Manufacturing Engineers.
- Baluart, J. (1995). *Diagnóstico del sector forestal en la Región Amazónica*. Perú: Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana.
- Barrera, J. M., y Cuervo, S. (2010). *Manual de Buenas Practicas en Aserraderos de Comunidades Forestales* . México: Rainforest Alliance, CCMSS, Reforestemos México. .
- Barton, D. (2006). *El Libro del Bonsai*. Barcelona: NATURART.
- Barton, D., y Merino, L. (2004). *La Experiencia de las Comunidades Forestales en México. Veinticinco Años de Silvicultura Comunitaria en Empresas Forestales Comunitarias* . México: SEMARNAT-INE-CCMSS.
- Berger, R., Timofeiczky, J., Carnieri, C. L., y J.S., J. (2002). *Minimização de Custos de Transporte Florestal com a Utilização de Programação Linear* . Brasil: Floresta 33.
- Cardenas, G. (1981). *Planeacion Industrial y de las Operaciones de abastecimiento en la Unidad industrial de Explotación Forestal de Atenquique Jalisco*. Guadalajara : Universidad Autonoma de Chapingo. Dpto de Bosques.
- Carrera, F. (1993). *Rendimiento y costos de las operaciones iniciales de manejo en un bosque primario de la zona atlántica de Costa Rica*. Turrialba, Costa Rica: CATIE.
- Castro Sánchez, F. J. (2012). *La Innovación Productiva Forestal y el Desarrollo Local a Partir de la Gobernanza de Bienes Comunes en la Comunidad Indígena de Nuevo San Juan Parangaricutiro, 1980-2008*. Morelia: Instituto de Investigaciones Económicas y Empresariales, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- CINSJP. (2011). *Comunidad Indígena de NSJP*. Recuperado el 22 de Julio de 2011, de <http://www.comunidadindigena.com.mx/principal.html>
- CINSJP. (2011). www.comunidadindigena.com.
- CONAFOR. (2008). Vocabulario de términos forestales. *Revista Forestal XXI*, 93.

- CONAFOR. (2011). *Programa Estratégico Forestal Para México 2025*. México: Comisión Nacional Forestal (CONAFOR).
- CONAFOR, C. N. (2012). *Precios de Productos Forestales Maderables*. Mexico.
- Cubas, C. D., Delgado, B. A., y Llajaruna, C. I. (2009). *MODELO METODOLÓGICO DE CAPACITACIÓN TÉCNICO-PRODUCTIVA "PLHAVAC" BASADO EN EL CÍRCULO DE DEMING PARA MEJORAR EL NIVEL DE LOGRO DE LA COMPETENCIA LABORAL DE LOS ESTUDIANTES DE LA OPCIÓN OCUPACIONAL DE CONFECCIONES DEL CETPRO*. Peru: Universidad Cesar Vallejo.
- De la Cruz, y André, B. (1990). *Explotación en pequeña escala de productos forestales madereros y no madereros con participación de la población rural*. Roma: FAO.
- Deming, W. E. (1989). *Calidad, productividad y competitividad: la salida de la crisis*. Madrid: Díaz de Santos.
- Díaz del Castillo, F. (2009). *La Manufactura Esbelta*. Cuautitlán Izcalli: Facultad de Estudios Superiores de Cuautitlán.
- Donatti, Z. (1983). *Madeira de Reflorestamiento*. Curitiba, Brasil: Encontro Nacional de Reflorestadores.
- Dykstra, D. P., y Heinrich, R. (1996). *Código Modelo de Prácticas de Aprovechamiento Forestales de la FAO*. Roma: FAO.
- Egger, W. (1982). *Planning of Work Systems for Wood Harvesting in Mountainous Regions*. Roma: Logging of Mountain Forest.
- Eriksson, L. (1983). *Quantitative Support by Linear Programming for Decision on Silviculture an Harvesting*. Stencil: Institutionen for Skogsteknik.
- FAO. (1998). *Aprovechamiento forestal compatible con el medio ambiente*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO. (2006). *Evaluación de los recursos forestales mundiales 2005: Hacia la ordenación forestal sostenible*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.
- FAO. (2012). *Código modelo de practicas de aprovechamiento forestal de la FAO*. . Departamento de Bosques.
- Ferreira, W. (2000). *Análise Operacional de Colheitadeiras Florestais*. Floresta e Ambiente.
- Francis, P. (2011). *Mantenimiento mundial SMED*. Obtenido de <http://www.mantenimientomundial.com/sites/mmnew/bib/notas/SMED.pdf>.
- Freuenholz, O. (1975). *Los trabajo de aprovechamiento forestal en Austria. Curso de*. Austria: Secretaria de Agricultura y Recursos.

- García, E., y Rojas, I. (2003). *La Empresa Forestal Nuevo San Juan Parangaricutiro*. Seminario de Análisis de Experiencias Indígenas.
- Garibay Orozco, C. (2008). *Comunalismos y Liberalismos Campesinos, Identidad Comunitaria, Empresa Social Forestal y Poder Corporado en el México Contemporáneo*. México: El Colegio de Michoacán.
- GENFOR. (12 de Enero de 2012). <http://www.genfor.com.mx/?p=2520>. Recuperado el 2012
- Gómez Aguilar, R. (1982). *Análisis de la Eficiencia de las Operaciones de Abastecimiento de productos Forestales en el Ejido "La Victoria" Pueblo Nuevo, Durango*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales.
- Gómez Díaz de León, J. C. (Noviembre de 2001).
<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/secformx.htm>.
 Recuperado el Octubre de 2011, de
<http://www.gestiopolis.com/recursos/documentos/fulldocs/eco/secformx.htm>
- Gregersen, H., Arnold, J. E., Lungren, A., Contreras, H., Montalembert, M., y Gow, D. (1995a). *Análisis de impactos de proyectos forestales: problemas y estrategias*. Roma: FAO.
- Grupo Kaizen. (2011). *Que es el Lean Manufacturing*. Recuperado el 2012 de Octubre de 10, de <http://www.grupokaizen.com/mck/>.
- Gutiérrez Garza, G. (2000). *Justo a Tiempo y Calidad Total, Principios y Aplicaciones*. Nuevo León, Monterrey, México: Ediciones Castillo S. A. de C. V.
- Gutierrez Pulido, H. (2005). *Calidad Total y Productividad*. Mexico: McGran-Hill.
- Gutiérrez Pulido, H. (2005). *Calidad Total y Productividad*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Gutierrez, P. H. (2005). *Calidad Total y Productividad*. Mexico: McGran-Hill.
- Gutiérrez, P. H., y de la Vara, S. R. (2009). *Control estadístico de calidad y Seis Sigma* (Segunda Edición ed.). McGraw Hill.
- Hammond, R. W. (1996). *Articulación y Modernización del Currículo en Ingeniería Industrial*. Bogota: ACOFI.
- Hirano, H. (2011). *Manual para la implementación del JIT. Una guía completa para la fabricación "Just in Time"*. Madrid: España Tecnología de Gerencia y Producción.
- Hofle, H. (1971). *Optimization of the Harvest of Small - size Wood through Linear Programming. In Operational Research and the Managerial Economics of Reforestry Her Majesty's Stationery Office*. England: Forestry Commission Bulletin.
- Husch, B. M. (2003). *Forest mensuration*. New York, USA.: Krieger Publishing.
- Imai, M. (1989). *Kaizen* (1era Ed. ed.). México: CECSA.

- Inversión, C. F. (2011). <http://www.cfired.org.ar/Default.aspx?nld=248>. Recuperado el 11 de Diciembre de 2011
- Ishikawa, K. (1986). *¿Que es el Control Total de Calidad? La Modalidad Japonesa*. Bogota : Norma.
- Ishikawa, K. (1988). *Guide to Quality Control*. Unateted States: Asian Productivity Organization .
- Ishikawa, K. (1989). *Introducción al Control de Calidad*. Madrid, España: Diaz de Santos.
- ISO 8402, N. (1992). *Correspondencia con normas UNIT*.
- Jardel. (2006). *Viejos y Nuevos Problemas en el Sector Forestal en México*. México: Instituto Manantlán de Ecología y Conservación de la Biodiversidad.
- Juárez Gómez, C. V. (2009). *Propuesta para Implementar Metodología 5 ´s en el Departamentos de Cobros de la Subdelegación Veracruz Norte IMSS*. Veracruz: Maestria en Gestión de la Calidad, Universidad Veracruzana.
- Juran, J. A. (1990). *Juran y el Liderazgo para la calidad*. Madrid: Díaz de Santos.
- Lima, A. M., y Oliveira, F. (1998). Evaluación de la etapa de derribo y procesamiento de Eucalipto para celulosa. *Revista Ciencia Forestal*, 23-34.
- López, S. A. (2005). *Tiempos y rendimientos de dos sistemas de aprovechamiento de madera de Populus sp. en Castilla-León España*. México: Ciencia Forestal en México.
- Márquez Colochio, J. (2008). *Laboratorio de Ingeniería del Trabajo*. Universidad Fidélitas.
- Martínez P., C. (2010). *Propuesta para la Implementación de la Metodología de Mejora 5s en una Línea de Producción de Panes de Molde*. Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral.
- Mendoza, M. (1995). *Rendimiento de un Sistema de Cable en Relación a la Intensidad del Régimen Silvícola* . Madera y Bosques .
- Meneses, M., y Guzmán, S. (2000). *Productividad y Eficiencia en la Producción Forestal Basadas en las Plantaciones de Pino Radiata*. San Pedro, Concepción, Chile: Instituto de Manejo Forestal, Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Austral de Chile,.
- Meza, A. (2004). Troceo, Clasificación y Apilado de Materia Prima en Aprovechamiento de Plantaciones Forestales. *Kurú: Revista Forestal*.
- Moreno, S. R., Vargas, C. R., y Rivero, B. P. (1984). *Un Modelo de Programación Lineal para la Planeación de las Labores de Abastecimiento Forestal*. Chapingo: Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques.
- Niño, L. F., y Bednarek, M. (2010). *Metodología para Implantar el Sistema de Manufactura Esbelta en PyMES Industriales Mexicanas*. Ide@s CONCYTEG.

- Organización Internacional del Trabajo. (1996). *Introducción al Estudio del Trabajo*. Ginebra, Suiza: OIT.
- Padilla, R., y Juárez, M. (2006). *Efectos de la Capacitación en la Competitividad de la Industria Manufacturera*. México D.F.: Unidad de Comercio Internacional e Industria.
- Pande, P., Neuman, R., y Cavanagh, R. (2004). *Las Claves Practicas del Seis Sigma*. Madrid: Mc Graw Hill.
- Pineda Mandujano, K. (2004). *Manufactura Esbelta*.
- Reyes, A. P. (Junio de 2002). Manufactura Delgada (Lean) y Sies Sigma en Empresas Mexicanas: Experiencias y Reflexiones. *Contaduría y Administración*, 205, 51-69.
- Rodríguez Soalleiro, R., Vega Alonso, P., y González Rosales, M. (2006). *Manual Tecnico de Silvicultura del Pino Pinaster*. Mexico: Agrobyte.
- Rojas, F. (1995). *Integración Bosque Industria Una Necesidad* . Xalapa: Maderera y Bosques Instituto de Ecología .
- Rovira, C. (2005). *Diagrama de Pareto, Herramienta Básica para la Mejora de la Calidad*. Argentina: OP Group.
- Sánchez, R. L. (1993). *La Ergonomía Aplicada a la Actividad Forestal*. Serie de Apoyo Academico, UACH.
- Sant' Ana, J. M. (1882). *Tendencias actuales y perspectivas futuras de sistemas de extracción forestal*. VII Seminario de Actualización Sobre Sistemas De Explotación Y Transporte Forestal. Curitiba. Anais. Curitiba: UFPR/FUPEF.
- Santillan, P. J. (1986). *Elementos de Dasonomía. Universidad Autónoma de Chapingo*. . Chapingo , México: Division de Ciencias Forestales.
- Scherkenbach, W. (1994). *La Ruta Demming*. México: CECSA.
- SEMARNAT. (2010).
http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/approot/dgeia_mce/html/mce_index.html#.
 Recuperado el 2012, de
http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RFORESTA04_03yIBIC_user=dgeia_mceyIBIC_pass=dgeia_mce:
http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_RFORESTA04_03yIBIC_user=dgeia_mceyIBIC_pass=dgeia_mce
- Sigma, I. (29 de Mayo de 2009). <http://sigmaingenieria.com/Lean.htm>. Recuperado el Enero de 2012, de www.innovacioncreativa.com: <http://sigmaingenieria.com/Lean.htm>
- Sixaas, F. (1985). *Estudo Comparativo entro Dois Sistemas Operacionais de Exploracao Utilizando Toras com Diferentes Comprimentos*. Brasil: Dissertacao da Maestria Universidade de Campinas.

- SmartWood, y CCMSS. (2000). *Resumen Público de la Certificación de Manejo Forestal de Comunidad Indígena Nuevo San Juan Parangaricutiro*. Michoacán, MEXICO: SmartWood Program, Rainforest Alliance.
- Sosa Villanueva, H. (1990). *Descripción de los Metodos de Control Total de Calidad para Incrementar el Beneficio en el Aserradero*. Morelia: Universidad Michoacana de San Nicolas de Hidalgo.
- Talavera Pleguezuelos, C. (2012). *Métodos y Herramientas de Mejora aplicados en la Administración Pública*. Granada, España: UNIÓN IBEROAMERICANA DE MUNICIPALISTAS.
- Tanner, H. (1996). *Tala Dirigida con Motosierra en Bosques Tropicales*. Turrialba, Costa Rica: Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Tarnowski, B., Scheneider, P., y Machado, C. (1999). *Productividade e Custos de Processador Trabalhando em Povoamentos de Eucalyptus grandis*. Hill ex Maiden Ciencia Florestal .
- Tenorio Mendoza, G. (2010). *Propuesta de Aplicación de Técnicas Estadísticas para la Mejora en el Desempeño de los Procesos de la Terminal de Almacenamiento y Distribución Satélite Sur de la Gerencia Comercial Valle de México*. México: Universidad La Salle.
- Toledo, A., y Lopez, C. (2006). *Resina: Entre la Madera y el Desarrollo Comunitario Integra*. CONABIO Biodiversitas. .
- Tolosana, E., González, V., y Santiago, V. (2004). *El Aprovechamiento Maderero*. Madrid, España : MUNDI - PRENSA.
- Valencia, G. (1999). *Ejercicio de la Ingeniería en Colombia y en el Mundo*. Colombia: ACOFI.
- Vera, G. (1982). *Transportes de Productos Forestales*. Chapingo. : Universidad Autonoma de Chapingo, Departamento de Bosques. .
- Villagómez, L., y Gómez, A. (1983). *Diagnostico de las Operaciones de Abastecimiento de la Unidad de Administración Forestal No. 10 del Estado de Michoacán*. Tesis Profesional. Universidad Autónoma de Chapingo .
- Zavala Zavala, D., y Raúl, H. C. (2000). Análisis del Rendimiento y Utilidad del Proceso de Aserrío de Trocería de Pino. *Madera y Bosques*, 41-55.

ANEXOS.

Formato de tabla 3.4. Hoja de verificación para determinar el rendimiento del árbol

ARBOL	PARTE DEL ÁRBOL	CLASE	DIMENSIONES			promedio	M³ rollo	OBSERVACIONES
			Longitud (m)	Diámetro (m)				
1	Tocón		0.27	0.6		0.60	0.076	
	Trozo	Rollo com.	7.29	0.6	0.5	0.55	1.732	
	Trozo	Secundario	1.1	0.5	0.53	0.52	0.229	
	Trozo	Secundario	1.05	0.53	0.45	0.49	0.198	
	Trozo	Rollo com.	4.96	0.45	0.38	0.42	0.671	
	Trozo	Rollo com.	2.82	0.38	0.34	0.36	0.287	Se quebró
	Trozo	Secundario	2.77	0.34	0.39	0.37	0.290	nudo
	Trozo	Secundario	11.1	0.39	0.2	0.30	0.759	
	Puntas	puntas	4.3	0.2	0.01	0.11	0.037	
2	Tocón		0.2	0.37		0.37	0.022	
	Trozo	Rollo com	9.37	0.37	0.41	0.39	1.119	
	Trozo	Secundario	7.7	0.41	0.22	0.32	0.600	
	Puntas		5.53	0.22	0.01	0.12	0.057	
3	Tocón		0.28	0.65		0.65	0.093	
	Trozo	Rollo com.	5.07	0.65	0.75	0.70	1.951	
	Trozo	Rollo com.	7.35	0.75	0.49	0.62	2.219	
	Trozo	Rollo com.	2.94	0.49	0.43	0.46	0.489	
	Trozo	Rollo com.	6.1	0.43	0.28	0.36	0.604	
	Trozo	Secundario	4	0.28	0.2	0.24	0.181	
	Trozo	Puntas	4	0.2	0.01	0.11	0.035	
4	Tocón		0.38	0.7		0.70	0.146	
	Trozo	Rollo com.	4.94	0.59	0.45	0.52	1.049	
	Trozo	Rollo com.	16.34	0.45	0.39	0.42	2.264	
	Trozo	Rollo com.	5.02	0.39	0.36	0.38	0.554	
	Trozo	secundario	1.94	0.36	0.32	0.34	0.176	Quebrado
	Trozo	trozo	6.87	0.32	0.25	0.29	0.438	
	Punta		3	0.25		0.25	0.147	
5	Tocón		0.28	0.69	0.69	0.69	0.105	
	Trozo	Rollo com.	4.95	0.69	0.62	0.66	1.668	
	Trozo	Rollo com.	7.38	0.62	0.55	0.59	1.984	
	Trozo	Rollo com.	7.42	0.55	0.42	0.49	1.371	quebrado
	Trozo	Rollo com.	4.99	0.42	0.37	0.40	0.611	
	Trozo	secundario	2.09	0.37	0.32	0.35	0.195	
	Punta		4	0.32	0.01	0.17	0.086	
6	Tocón		0.8	0.6		0.60	0.226	
	Trozo	Rollo com.	4.92	0.6	0.51	0.56	1.190	

	Trozo	Rollo com.	4.97	0.51	0.47	0.49	0.937	
	Trozo	Rollo com.	12.4	0.35	0.33	0.34	1.126	
	Trozo	Secundario	7.43	0.32	0.21	0.27	0.410	
	Trozo	Celulósico	1.23	0.32	0.2	0.26	0.065	
	Trozo	Secundario	7.5	0.34	0.24	0.29	0.495	
	Trozo	puntas	8.2	0.24	0.01	0.13	0.101	
7	Tocón		0.2	0.55		0.55	0.048	
	Trozo	Rollo com.	4.98	0.55	0.42	0.49	0.920	
	Trozo	Rollo com.	4.92	0.42	0.34	0.38	0.558	
	Trozo	Secundario	14.6	0.34	0.21	0.28	0.867	
	Puntas	Celulósico	5.7	0.21	0.01	0.11	0.054	
8	Tocón		0.29	0.74	0.74	0.74	0.125	
	Pata		1.07	0.74	0.68	0.71	0.424	
	Trozo	Rollo com.	7.42	0.68	0.63	0.66	2.500	
	Trozo	Celulósico	2.55	0.63	0.65	0.64	0.820	
	Trozo	Secundario	4.82	0.65	0.5	0.58	1.252	
	Trozo	Celulósico	7.34	0.5	0.48	0.49	1.384	
	Trozo	Secundario	6.6	0.48	0.23	0.36	0.653	
	Puntas	Celulósico	3.1	0.23	0.01	0.12	0.035	
9	Tocón		0.5	0.7		0.70	0.192	
	Trozo	Rollo com.	7.4	0.7	0.6	0.65	2.456	
	Trozo	Rollo com.	7.34	0.6	0.55	0.58	1.906	
	Trozo	Rollo com.	4.96	0.55	0.51	0.53	1.094	
	Trozo	Rollo com.	7.4	0.51	0.38	0.45	1.151	
	Trozo	secundario	2.75	0.38	0.3	0.34	0.250	
	Punta		5.72	0.3	0.01	0.16	0.108	
10	Tocón		0.27	0.7		0.70	0.104	
	Trozo	Rollo com.	7.4	0.7	0.58	0.64	2.381	
	Trozo	Rollo com.	7.33	0.58	0.54	0.56	1.805	
	Trozo	Rollo com.	7.34	0.54	0.48	0.51	1.499	
	Trozo	Rollo com.	5.13	0.48	0.4	0.44	0.780	
	Trozo	secundario	5.4	0.4	0.36	0.38	0.612	
	Punta		4.15	0.36	0.01	0.19	0.112	
			37.02					
11	Fuste	Secundario	8	0.27	0.18	0.23	0.318	
	Punta	Celulósico	8.32	0.18	0.01	0.10	0.059	
12	Tocón		0.22	0.68		0.68	0.080	
	Trozo	Rollo com.	7.42	0.68	0.6	0.64	2.387	
	Trozo	Rollo com.	7.38	0.6	0.54	0.57	1.883	
	Trozo	Rollo com.	7.34	0.54	0.49	0.52	1.529	

	Trozo	Rollo com.	4.98	0.49	0.41	0.45	0.792	
	Trozo	secundario	5.42	0.41	0.39	0.40	0.681	
	Punta		3.2	0.39	0.01	0.20	0.101	
13	Tocón		0.23	0.6		0.60	0.065	
	Trozo	Rollo com.	1.06	0.6	0.53	0.57	0.266	
	Trozo	Rollo com.	4.92	0.53	0.46	0.50	0.947	
	Trozo	Rollo com.	7.38	0.46	0.43	0.45	1.148	
	Trozo	Rollo com.	7.4	0.43	0.35	0.39	0.884	
	Trozo	secundario	2.76	0.35	0.28	0.32	0.215	quebrado
	Punta		9.58	0.28	0.01	0.15	0.158	
14	Tocón		0.14	0.53	0.53	0.53	0.031	
	Trozo	Rollo com.	7.35	0.53	0.4	0.47	1.248	
	Trozo	Rollo com.	7.34	0.4	0.36	0.38	0.832	
	Trozo	Rollo com.	4.92	0.36	0.32	0.34	0.447	
	Trozo	Secundario	2.3	0.32	0.32	0.32	0.185	
	Punta		5.2	0.32	0.01	0.17	0.111	
15	Fuste	Secundario	10	0.22	0.18	0.20	0.314	
16	Tocón		0.19	0.45		0.45	0.030	
	Trozo	pata	2.32	0.45	0.44	0.45	0.361	
	Trozo	Rollo com.	7.33	0.44	0.41	0.43	1.040	
	Trozo	Rollo com.	7.35	0.41	0.33	0.37	0.790	
	Trozo	Rollo com.	4.94	0.33	0.31	0.32	0.397	
	Trozo	Rollo com.	4.87	0.31	0.28	0.30	0.333	
	Punta		3.5	0.28	0.01	0.15	0.058	
17	Tocón		0.28	0.39		0.39	0.033	
	Trozo	Rollo com.	4.98	0.39	0.35	0.37	0.535	
	Trozo	Rollo com.	4.96	0.35	0.3	0.33	0.411	
	Trozo	Rollo com.	6.8	0.3	0.23	0.27	0.375	
	Trozo	Secundario	5.1	0.23	0.2	0.22	0.185	
	Punta		2.1	0.2	0.01	0.11	0.018	
18	Fuste	Secundario	13.8	0.32	0.2	0.26	0.733	
	Punta		4.5	0.17	0.01	0.09	0.029	
			18.3					
19	Tocón		0.29	0.41		0.41	0.038	
	Trozo	Rollo com.	4.94	0.41	0.39	0.40	0.621	
	Trozo	Rollo com.	7.3	0.39	0.32	0.36	0.723	
	Trozo	Rollo com.	7.34	0.32	0.3	0.31	0.554	
	Trozo	secundario	5.82	0.3	0.26	0.28	0.358	

	Trozo	Celulósico	0.35	0.26	0.2	0.23	0.015	
	Trozo	Secundario	5.3	0.2	0.18	0.19	0.150	
	Punta		3.1	0.18	0.01	0.10	0.022	
20	Tocón		0.26	0.54		0.54	0.060	
	Trozo	Rollo com.	4.92	0.54	0.58	0.56	1.212	
	Trozo	Rollo com.	7.32	0.58	0.52	0.55	1.739	
	Trozo	Rollo com.	4.93	0.52	0.45	0.49	0.911	
	Punta		3.85	0.45		0.45	0.612	
21	Tocón		0.14	0.47		0.47	0.024	
	Trozo	Rollo com.	7.48	0.7	0.65	0.68	2.677	
	Trozo	Rollo com.	7.35	0.65	0.6	0.63	2.255	
	Trozo	Rollo com.	4.9	0.6	0.54	0.57	1.250	
	Trozo	Rollo com.	7.39	0.54	0.42	0.48	1.337	
	Trozo	Rollo com.	4.9	0.42	0.36	0.39	0.585	
	Trozo	Celulósico	0.32	0.36	0.32	0.34	0.029	
	Trozo	Secundario	5.36	0.32	0.3	0.31	0.405	
	Punta		3.2	0.3	0.01	0.16	0.060	
22	Tocón		0.17	0.45		0.45	0.027	
	Trozo	Rollo com.	5.02	0.45	0.39	0.42	0.695	
	Trozo	Rollo com.	7.34	0.39	0.34	0.37	0.768	
	Trozo	Secundario	10.92	0.34	0.32	0.33	0.934	
	Trozo	Celulósico	1	0.32	0.3	0.31	0.075	quebrado
	Trozo	trocito	5	0.3	0.29	0.30	0.342	
	Punta		6.1	0.29	0.01	0.15	0.108	
23	Fuste	secundario	3.3	0.19	0.16	0.18	0.079	
	Punta		3.5	0.16	0.01	0.09	0.020	
24	Tocón		0.23	0.495		0.50	0.044	
	Trozo	Rollo com.	3.09	0.495	0.45	0.47	0.542	
	Trozo	Rollo com.	2.6	0.45	0.46	0.46	0.423	
	Trozo	Rollo com.	4.92	0.46	0.38	0.42	0.682	
	Trozo	Rollo com.	2.5	0.38	0.37	0.38	0.276	
	Trozo	Rollo com.	4.94	0.37	0.32	0.35	0.462	
	Trozo	secundario	3.55	0.32	0.28	0.30	0.251	
	Trozo	Celulósico	0.65	0.28	0.26	0.27	0.037	Quebrado
	Punta		6.1	0.26	0.01	0.14	0.087	
25	Tocón		0.28	0.42		0.42	0.039	
	Trozo	Rollo com.	4.91	0.42	0.32	0.37	0.528	
	Trozo	Rollo com.	4.91	0.32	0.35	0.34	0.433	
	Trozo	Rollo com.	4.94	0.35	0.25	0.30	0.349	
	Trozo	secundario	5.6	0.25	0.23	0.24	0.253	

	Trozo	secundario	2.7	0.23	0.23	0.23	0.112	
	Trozo	Celulósico	0.6	0.23	0.2	0.22	0.022	
	Punta		5.1	0.2	0.01	0.11	0.044	
26	Tocón		0.4	0.44		0.44	0.061	
	Fuste	Secundario	16	0.44	0.18	0.31	1.208	
	Punta		8	0.18		0.18	0.204	
27	Tocón		0.3	0.4		0.40	0.038	
	Fuste	Secundario	14.5	0.4	0.17	0.29	0.925	
	Punta	Celulósico	10	0.17	0.01	0.09	0.064	
28	Tocón		0.19	0.47		0.47	0.033	
	Trozo	Rollo com.	4.93	0.47	0.37	0.42	0.683	
	Trozo	Rollo com.	6.06	0.37	0.31	0.34	0.550	
	Trozo	Rollo com.	3.9	0.31	0.23	0.27	0.223	
	Trozo	Secundario	2.3	0.23	0.2	0.22	0.084	
	Trozo	Secundario	5.4	0.2	0.2	0.20	0.170	
	Punta		4.1	0.2		0.20	0.129	
29	Tocón		0.33	0.55		0.55	0.078	
	Trozo	Rollo com.	4.95	0.55	0.45	0.50	0.972	
	Trozo	Rollo com.	6.1	0.45	0.39	0.42	0.845	
	Trozo	Rollo com.	6.1	0.39	0.34	0.37	0.638	
	Trozo	Secundario	8.4	0.34	0.25	0.30	0.574	
	Trozo	Secundario	4	0.25	0.24	0.25	0.189	
	Punta		3	0.24		0.24	0.136	
30	Tocón		0.23	0.55		0.55	0.055	
	Trozo	Rollo com.	6.07	0.55	0.45	0.50	1.192	
	Trozo	Rollo com.	6.11	0.45	0.44	0.45	0.950	
	Trozo	Rollo com.	4.89	0.44	0.35	0.40	0.599	
	Trozo	Rollo com.	6.13	0.35	0.27	0.31	0.463	
	Punta		4.7	0.27	0.01	0.14	0.072	
31	Tocón		0.8	0.8		0.80	0.402	
	Trozo	Rollo com.	4.96	0.8	0.6	0.70	1.909	
	Trozo	Rollo com.	6.12	0.6	0.46	0.53	1.350	
	Trozo	Rollo com.	3.11	0.46	0.44	0.45	0.495	
	Trozo	Secundario	4.75	0.44	0.44	0.44	0.722	
	Trozo	Rollo com.	4.91	0.44	0.4	0.42	0.680	
	Trozo	Secundario	3.8	0.4	0.35	0.38	0.420	
	Trozo	Secundario	4.1	0.35	0.23	0.29	0.271	
	Punta		3.5	0.23	0.01	0.12	0.040	
32	Tocón		0.3	0.8	0.8	0.80	0.151	

	Pata	Celulósico	1.17	0.8	0.76	0.78	0.559	
	Trozo	Rollo com.	6.11	0.76	0.65	0.71	2.385	
	Trozo	Rollo com.	6.18	0.65	0.53	0.59	1.690	
	Trozo	Rollo com.	6.17	0.53	0.49	0.51	1.260	
	Quebrado	Celulósico	1.15	0.49	0.45	0.47	0.200	
	Trozo	Secundario	4	0.45	0.42	0.44	0.594	
	Quebrado	Celulósico	1.05	0.42	0.4	0.41	0.139	
	Trozo	Secundario	3.3	0.4	0.35	0.38	0.364	
	Puntas		6.15	0.35	0.01	0.18	0.156	
33	Tocón		0.19	0.63	0.63	0.63	0.059	
	Rodaja	Celulósico	0.12	0.63	0.59	0.61	0.035	
	Trozo	Rollo com.	6.18	0.59	0.54	0.57	1.549	
	Trozo	Rollo com.	6.16	0.54	0.46	0.50	1.210	
	Trozo	Rollo com.	2.6	0.46	0.43	0.45	0.404	
	Trozo	secundario	2.36	0.43	0.37	0.40	0.297	
	Trozo	secundario	2.15	0.37	0.34	0.36	0.213	
	Punta		6.26	0.34	0.01	0.18	0.151	
34	Tocón		0.12	0.39	0.39	0.39	0.014	
	Rodaja	Celulósico	0.09	0.39	0.39	0.39	0.011	
	Trozo	Rollo com.	6.16	0.38	0.37	0.38	0.680	
	Trozo	Rollo com.	6.14	0.37	0.35	0.36	0.625	
	Trozo	Rollo com.	6.1	0.35	0.33	0.34	0.554	
	Punta		6	0.33	0.01	0.17	0.136	
35	Tocón		0.2	0.76	0.76	0.76	0.091	
	Trozo	Rollo com.	6.15	0.76	0.57	0.67	2.136	
	Trozo	Rollo com.	6.22	0.57	0.49	0.53	1.372	
	Trozo	Rollo com.	4.96	0.49	0.49	0.49	0.935	
	Trozo	Secundario	3.6	0.49	0.35	0.42	0.499	
	Trozo	Secundario	0.47	0.35	0.35	0.35	0.045	
	Punta		5.2	0.35	0.01	0.18	0.132	
36	Árbol		27.58	0.59	0.01	0.30	1.950	
							132.382	

Tabla 3.4. Tabla para análisis de secundarios

TROZO	clase	Longitud	Diámetro (cm)	volumen	Volumen real
			Promedio		
1	Secundario	1.24	0.15	0.021	0.022
2	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
3	Secundario	1.24	0.23	0.050	0.052
4	Secundario	1.25	0.29	0.079	0.083
5	Secundario	1.24	0.26	0.064	0.066
6	Secundario	1.27	0.29	0.079	0.084
7	Secundario	1.24	0.28	0.074	0.076
8	Secundario	1.26	0.21	0.042	0.044
9	Secundario	1.21	0.31	0.091	0.091
10	Secundario	1.25	0.32	0.097	0.101
11	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
12	Secundario	1.23	0.26	0.064	0.065
13	Secundario	1.25	0.18	0.031	0.032
14	Secundario	1.23	0.15	0.021	0.022
15	Secundario	1.27	0.23	0.050	0.053
16	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
17	Secundario	1.24	0.28	0.074	0.076
18	Secundario	1.25	0.29	0.079	0.083
19	Secundario	1.25	0.28	0.074	0.077
20	Secundario	1.25	0.29	0.079	0.083
21	Secundario	1.24	0.21	0.042	0.043
22	Secundario	1.26	0.21	0.042	0.044
23	Secundario	1.24	0.255	0.061	0.063
24	Secundario	1.23	0.28	0.074	0.076
25	Secundario	1.265	0.33	0.103	0.108
26	Secundario	1.23	0.29	0.079	0.081
27	Secundario	1.23	0.27	0.069	0.070
28	Secundario	1.25	0.29	0.079	0.083
29	Secundario	1.24	0.33	0.103	0.106
30	Secundario	1.255	0.29	0.079	0.083
31	Secundario	1.23	0.31	0.091	0.093
32	Secundario	1.25	0.3	0.085	0.088
33	Secundario	1.24	0.22	0.046	0.047
34	Secundario	1.26	0.26	0.064	0.067
35	Secundario	1.25	0.285	0.077	0.080
36	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
37	Secundario	1.25	0.26	0.064	0.066
38	Secundario	1.26	0.22	0.046	0.048
39	Secundario	1.23	0.185	0.032	0.033
40	Secundario	1.25	0.225	0.048	0.050
41	Secundario	1.23	0.23	0.050	0.051
42	Secundario	1.24	0.24	0.054	0.056

43	Secundario	1.265	0.19	0.034	0.036
44	Secundario	1.23	0.22	0.046	0.047
45	Secundario	1.24	0.225	0.048	0.049
46	Secundario	1.24	0.22	0.046	0.047
47	Secundario	1.25	0.225	0.048	0.050
48	Secundario	1.24	0.22	0.046	0.047
49	Secundario	1.24	0.21	0.042	0.043
50	Secundario	1.24	0.18	0.031	0.032
51	Secundario	1.26	0.21	0.042	0.044
52	Secundario	1.24	0.24	0.054	0.056
53	Secundario	1.25	0.15	0.021	0.022
54	Secundario	1.23	0.11	0.011	0.012
55	Secundario	1.24	0.13	0.016	0.016
56	Secundario	1.23	0.17	0.027	0.028
57	Secundario	1.25	0.16	0.024	0.025
58	Secundario	1.23	0.38	0.136	0.139
59	Secundario	1.24	0.36	0.122	0.126
60	Secundario	1.26	0.14	0.018	0.019
61	Secundario	1.23	0.18	0.031	0.031
62	Secundario	1.24	0.16	0.024	0.025
63	Secundario	1.24	0.18	0.031	0.032
64	Secundario	1.25	0.25	0.059	0.061
65	Secundario	1.23	0.37	0.129	0.132
66	Secundario	1.27	0.26	0.064	0.067
67	Secundario	1.24	0.28	0.074	0.076
68	Secundario	1.24	0.14	0.018	0.019
69	Secundario	1.25	0.17	0.027	0.028
70	Secundario	1.25	0.3	0.085	0.088
71	Secundario	1.24	0.33	0.103	0.106
72	Secundario	1.25	0.31	0.091	0.094
73	Secundario	1.24	0.13	0.016	0.016
74	Secundario	1.24	0.16	0.024	0.025
75	Secundario	1.24	0.14	0.018	0.019
76	Secundario	1.23	0.11	0.011	0.012
77	Secundario	1.23	0.3	0.085	0.087
78	Secundario	1.24	0.34	0.109	0.113
79	Secundario	1.24	0.18	0.031	0.032
80	Secundario	1.25	0.17	0.027	0.028
81	Secundario	1.25	0.14	0.018	0.019
82	Secundario	1.25	0.12	0.014	0.014
83	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
84	Secundario	1.23	0.27	0.069	0.070
85	Secundario	1.25	0.3	0.085	0.088
86	Secundario	1.26	0.38	0.136	0.143
87	Secundario	1.27	0.36	0.122	0.129
88	Secundario	1.23	0.16	0.024	0.025

89	Secundario	1.24	0.15	0.021	0.022
90	Secundario	1.26	0.25	0.059	0.062
91	Secundario	1.22	0.26	0.064	0.065
92	Secundario	1.25	0.31	0.091	0.094
93	Secundario	1.26	0.3	0.085	0.089
94	Secundario	1.27	0.33	0.103	0.109
95	Secundario	1.27	0.13	0.016	0.017
96	Secundario	1.22	0.12	0.014	0.014
97	Secundario	1.23	0.16	0.024	0.025
98	Secundario	1.24	0.14	0.018	0.019
99	Secundario	1.25	0.31	0.091	0.094
100	Secundario	1.28	0.3	0.085	0.090
101	Secundario	1.22	0.17	0.027	0.028
102	Secundario	1.23	0.25	0.059	0.060
103	Secundario	1.25	0.27	0.069	0.072
104	Secundario	1.23	0.29	0.079	0.081
105	Secundario	1.25	0.12	0.014	0.014
106	Secundario	1.24	0.33	0.103	0.106
107	Secundario	1.24	0.3	0.085	0.088
108	Secundario	1.22	0.34	0.109	0.111
109	Secundario	1.25	0.18	0.031	0.032
110	Secundario	1.26	0.25	0.059	0.062
111	Secundario	1.23	0.27	0.069	0.070
112	Secundario	1.23	0.14	0.018	0.019
113	Secundario	1.24	0.13	0.016	0.016
114	Secundario	1.23	0.19	0.034	0.035
115	Secundario	1.22	0.17	0.027	0.028
116	Secundario	1.22	0.13	0.016	0.016
117	Secundario	1.23	0.12	0.014	0.014
118	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
119	Secundario	1.27	0.16	0.024	0.026
120	Secundario	1.24	0.15	0.021	0.022
121	Secundario	1.26	0.17	0.027	0.029
122	Secundario	1.21	0.25	0.059	0.059
123	Secundario	1.25	0.31	0.091	0.094
124	Secundario	1.24	0.32	0.097	0.100
125	Secundario	1.23	0.27	0.069	0.070
126	Secundario	1.25	0.16	0.024	0.025
127	Secundario	1.27	0.13	0.016	0.017
128	Secundario	1.24	0.2	0.038	0.039
129	Secundario	1.26	0.31	0.091	0.095
130	Secundario	1.21	0.33	0.103	0.103
131	Secundario	1.25	0.36	0.122	0.127
132	Secundario	1.24	0.21	0.042	0.043
133	Secundario	1.23	0.17	0.027	0.028
134	Secundario	1.25	0.17	0.027	0.028

135	Secundario	1.23	0.25	0.059	0.060
136	Secundario	1.27	0.13	0.016	0.017
137	Secundario	1.24	0.31	0.091	0.094
138	Secundario	1.24	0.34	0.109	0.113
139	Secundario	1.25	0.37	0.129	0.134
140	Secundario	1.24	0.38	0.136	0.141
141	Secundario	1.24	0.33	0.103	0.106
142	Secundario	1.24	0.19	0.034	0.035
143	Secundario	1.25	0.21	0.042	0.043
144	Secundario	1.24	0.17	0.027	0.028
145	Secundario	1.27	0.26	0.064	0.067
146	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
147	Secundario	1.26	0.28	0.074	0.078
148	Secundario	1.21	0.19	0.034	0.034
149	Secundario	1.25	0.13	0.016	0.017
150	Secundario	1.24	0.2	0.038	0.039
151	Secundario	1.23	0.17	0.027	0.028
152	Secundario	1.25	0.32	0.097	0.101
153	Secundario	1.21	0.54	0.275	0.277
154	Secundario	1.25	0.34	0.109	0.113
155	Secundario	1.24	0.32	0.097	0.100
156	Secundario	1.23	0.19	0.034	0.035
157	Secundario	1.25	0.22	0.046	0.048
158	Secundario	1.24	0.17	0.027	0.028
159	Secundario	1.25	0.21	0.042	0.043
160	Secundario	1.24	0.19	0.034	0.035
161	Secundario	1.27	0.22	0.046	0.048
162	Secundario	1.24	0.2	0.038	0.039
163	Secundario	1.26	0.19	0.034	0.036
164	Secundario	1.21	0.18	0.031	0.031
165	Secundario	1.24	0.23	0.050	0.052
166	Secundario	1.25	0.21	0.042	0.043
167	Secundario	1.24	0.22	0.046	0.047
168	Secundario	1.27	0.2	0.038	0.040
169	Secundario	1.24	0.2	0.038	0.039
170	Secundario	1.26	0.23	0.050	0.052
171	Secundario	1.21	0.23	0.050	0.050
172	Secundario	1.25	0.21	0.042	0.043
173	Secundario	1.24	0.22	0.046	0.047
174	Secundario	1.23	0.19	0.034	0.035
175	Secundario	1.25	0.22	0.046	0.048
176	Secundario	1.23	0.21	0.042	0.043
177	Secundario	1.27	0.23	0.050	0.053
178	Secundario	1.24	0.24	0.054	0.056
179	Secundario	1.24	0.23	0.050	0.052
180	Secundario	1.25	0.22	0.046	0.048

181	Secundario	1.22	0.23	0.050	0.051
182	Secundario	1.23	0.24	0.054	0.056
183	Secundario	1.24	0.26	0.064	0.066
184	Secundario	1.27	0.22	0.046	0.048
185	Secundario	1.24	0.23	0.050	0.052
186	Secundario	1.26	0.24	0.054	0.057
187	Secundario	1.21	0.25	0.059	0.059
188	Secundario	1.25	0.29	0.079	0.083
189	Secundario	1.24	0.24	0.054	0.056
190	Secundario	1.23	0.33	0.103	0.105
191	Secundario	1.25	0.27	0.069	0.072
192	Secundario	1.22	0.24	0.054	0.055
193	Secundario	1.23	0.24	0.054	0.056
194	Secundario	1.24	0.23	0.050	0.052
195	Secundario	1.27	0.26	0.064	0.067
196	Secundario	1.24	0.24	0.054	0.056
197	Secundario	1.26	0.23	0.050	0.052
198	Secundario	1.21	0.24	0.054	0.055
199	Secundario	1.25	0.23	0.050	0.052
200	Secundario	1.24	0.28	0.074	0.076
201	Secundario	1.23	0.27	0.069	0.070
202	Secundario	1.25	0.29	0.079	0.083
203	Secundario	1.24	0.28	0.074	0.076
204	Secundario	1.24	0.24	0.054	0.056
205	Secundario	1.24	0.28	0.074	0.076
206	Secundario	1.25	0.29	0.079	0.083
207	Secundario	1.24	0.35	0.115	0.119
208	Secundario	1.27	0.34	0.109	0.115
209	Secundario	1.24	0.29	0.079	0.082
210	Secundario	1.26	0.35	0.115	0.121
211	Secundario	1.21	0.43	0.174	0.176
212	Secundario	1.2	0.48	0.217	0.217
213	Secundario	1.23	0.25	0.059	0.060
214	Secundario	1.2	0.22	0.046	0.046
215	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
216	Secundario	1.25	0.335	0.106	0.110
217	Secundario	1.24	0.3	0.085	0.088
218	Secundario	1.24	0.28	0.074	0.076
219	Secundario	1.24	0.28	0.074	0.076
220	Secundario	1.25	0.21	0.042	0.043
221	Secundario	1.24	0.27	0.069	0.071
222	Secundario	1.26	0.3	0.085	0.089
223	Secundario	1.24	0.29	0.079	0.082
224	Secundario	1.26	0.29	0.079	0.083
225	Secundario	1.21	0.26	0.064	0.064
226	Secundario	1.25	0.25	0.059	0.061

227	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
228	Secundario	1.23	0.23	0.050	0.051
229	Secundario	1.25	0.3	0.085	0.088
230	Secundario	1.23	0.28	0.074	0.076
231	Secundario	1.23	0.29	0.079	0.081
232	Secundario	1.24	0.28	0.074	0.076
233	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
234	Secundario	1.25	0.28	0.074	0.077
235	Secundario	1.22	0.26	0.064	0.065
236	Secundario	1.25	0.22	0.046	0.048
237	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
238	Secundario	1.26	0.25	0.059	0.062
239	Secundario	1.24	0.22	0.046	0.047
240	Secundario	1.23	0.19	0.034	0.035
241	Secundario	1.24	0.27	0.069	0.071
242	Secundario	1.27	0.26	0.064	0.067
243	Secundario	1.24	0.31	0.091	0.094
244	Secundario	1.26	0.29	0.079	0.083
245	Secundario	1.21	0.29	0.079	0.080
246	Secundario	1.25	0.21	0.042	0.043
247	Secundario	1.24	0.29	0.079	0.082
248	Secundario	1.23	0.21	0.042	0.043
249	Secundario	1.25	0.24	0.054	0.057
250	Secundario	1.23	0.19	0.034	0.035
251	Secundario	1.27	0.25	0.059	0.062
252	Secundario	1.24	0.28	0.074	0.076
253	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
254	Secundario	1.25	0.23	0.050	0.052
255	Secundario	1.24	0.24	0.054	0.056
256	Secundario	1.26	0.22	0.046	0.048
257	Secundario	1.21	0.26	0.064	0.064
258	Secundario	1.24	0.26	0.064	0.066
259	Secundario	1.25	0.28	0.074	0.077
260	Secundario	1.24	0.24	0.054	0.056
261	Secundario	1.27	0.21	0.042	0.044
262	Secundario	1.24	0.32	0.097	0.100
263	Secundario	1.26	0.35	0.115	0.121
264	Secundario	1.21	0.3	0.085	0.086
265	Secundario	1.25	0.36	0.122	0.127
266	Secundario	1.24	0.17	0.027	0.028
267	Secundario	1.23	0.18	0.031	0.031
268	Secundario	1.25	0.2	0.038	0.039
269	Secundario	1.23	0.26	0.064	0.065
270	Secundario	1.27	0.23	0.050	0.053
271	Secundario	1.24	0.26	0.064	0.066
272	Secundario	1.24	0.24	0.054	0.056

273	Secundario	1.25	0.27	0.069	0.072
274	Secundario	1.22	0.3	0.085	0.086
275	Secundario	1.23	0.29	0.079	0.081
276	Secundario	1.24	0.3	0.085	0.088
277	Secundario	1.27	0.25	0.059	0.062
278	Secundario	1.24	0.28	0.074	0.076
279	Secundario	1.26	0.25	0.059	0.062
280	Secundario	1.21	0.26	0.064	0.064
281	Secundario	1.25	0.27	0.069	0.072
282	Secundario	1.24	0.18	0.031	0.032
283	Secundario	1.23	0.2	0.038	0.039
284	Secundario	1.25	0.22	0.046	0.048
285	Secundario	1.22	0.27	0.069	0.070
286	Secundario	1.23	0.2	0.038	0.039
287	Secundario	1.24	0.22	0.046	0.047
288	Secundario	1.27	0.23	0.050	0.053
289	Secundario	1.24	0.33	0.103	0.106
290	Secundario	1.26	0.28	0.074	0.078
291	Secundario	1.21	0.28	0.074	0.075
292	Secundario	1.25	0.28	0.074	0.077
293	Secundario	1.24	0.32	0.097	0.100
294	Secundario	1.23	0.29	0.079	0.081
295	Secundario	1.25	0.25	0.059	0.061
296	Secundario	1.24	0.23	0.050	0.052
297	Secundario	1.24	0.21	0.042	0.043
298	Secundario	1.24	0.18	0.031	0.032
299	Secundario	1.25	0.18	0.031	0.032
300	Secundario	1.24	0.22	0.046	0.047
301	Secundario	1.27	0.3	0.085	0.090
302	Secundario	1.24	0.21	0.042	0.043
303	Secundario	1.26	0.23	0.050	0.052
304	Secundario	1.24	0.25	0.059	0.061
305	Secundario	1.23	0.3	0.085	0.087
306	Secundario	1.25	0.29	0.079	0.083
307	Secundario	1.23	0.26	0.064	0.065
308	Secundario	1.27	0.19	0.034	0.036
309	Secundario	1.24	0.31	0.091	0.094
310	Secundario	1.24	0.27	0.069	0.071
311	Secundario	1.25	0.21	0.042	0.043
312	Secundario	1.25	0.28	0.074	0.077
313	Secundario	1.25	0.27	0.069	0.072
314	Secundario	1.24	0.27	0.069	0.071
315	Secundario	1.26	0.32	0.097	0.101
316	Secundario	1.24	0.22	0.046	0.047
317	Secundario	1.23	0.29	0.079	0.081
318	Secundario	1.265	0.25	0.059	0.062

319	Secundario	1.23	0.31	0.091	0.093
320	Secundario	1.23	0.25	0.059	0.060
321	Secundario	1.25	0.28	0.074	0.077
322	Secundario	1.24	0.29	0.079	0.082
323	Secundario	1.255	0.27	0.069	0.072
324	Secundario	1.23	0.3	0.085	0.087
325	Secundario	1.25	0.19	0.034	0.035
326	Secundario	1.24	0.26	0.064	0.066
				19.936	20.631

Tabla 3.5. Hoja de Verificación para la longitud de las trozas (secundarios)

Total	2	16	11	55	113	71	29	27	1
Frecuencia	120				///				
	110				-				
	100				-				
	90				-				
	80				-	/			
	70				-	-			
	60				////	-	-		
	50				-	-	-		
	40				-	-	-		
	30				-	-	-	////////	////////
	20		////	/	-	-	-	-	-
10	//	-	-	-	-	-	-	-	/
Longitud	1.20	1.21	1.22	1.23	1.24	1.25	1.26	1.27	1.28
Tabla 3.5 Hoja de Verificación de longitud de la troza.									

Tabla 3.5. Hoja de Verificación para la longitud de las trozas (2.56)

Total		1	2	2	4	3	8	4	11	1	2	2
Frecuencia	12								/			
	10								-			
	8						-		-			
	6						-		-			
	4				-	/	-	-	-			
	2	/	-	-	-	-	-	-	-	/	-	-
Longitud		2.42	2.55	2.58	2.59	2.60	2.61	2.62	2.63	2.64	2.66	2.69

Tabla 3.5 Hoja de Verificación de longitud de la troza.

Tabla 3.5. Hoja de Verificación para la longitud de las trozas (3.10)

Total		5	4	6	10	13	18	9	3	6	8	3
Frec.	20						///					
	15					///	-					
	10			/	-	-	-	////		/	///	
	5	-	////	-	-	-	-	-	///	-	-	///
Longitud		3.10	3.11	3.12	3.13	3.14	3.15	3.16	3.17	3.18	3.19	3.20

Tabla 3.5 Hoja de Verificación de longitud de la troza.

Tabla 3.5. Hoja de Verificación para la longitud de las trozas (4.93)

Total	2	5	10	13	7	10	7	10	8	5	3	3	
Frecuencia	14			/									
	12			-									
	10			-	-		-		-				
	8			-	-	/	-	/	-	-			
	6		/	-	-	-	-	-	-	-	/		
	4		-	-	-	-	-	-	-	-	-	/	/
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Longitud	4.93	4.98	5	5.03	5.05	5.07	5.09	5.11	5.13	5.15	5.17	5.19	

Tabla 3.5 Hoja de Verificación de longitud de la troza.

Tabla 3.5. Hoja de Verificación para la longitud de las trozas (4.93)

Total	3	6	4	6	19	15	9	10	6	6
Frec.	20				////					
	15				-	-				
	10		/		/	-	-	////	-	
	5	///	-	////	-	-	-	-	-	-
Longitud	6.11	6.13	6.15	6.17	6.19	6.21	6.23	6.25	6.27	6.29

Tabla 3.5 Hoja de Verificación de longitud de la troza.