

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO DE UNA MÁQUINA MULTIFUNCIÓN PARA AUTOMATIZAR LOS PROCESOS DE IMPREGNADO, PINTADO Y LACADO EN EL TERMINADO DE CURTIDO DE PIELES DE RES PARA LA EMPRESA CURTIDURÍA DÁVILA

Paúl Sebastián Dávila Aldás

Carrera de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica del Ejército – Av. Progreso S/N,
Sangolquí Ecuador

RESUMEN

Por medio de las técnicas artesanales que se venían practicando en las instalaciones de la empresa beneficiaria (felpa empapada de producto y chorro de pistola neumática) se procesaba un promedio de 500 ft² / día, la implementación de la máquina permite procesar un promedio de 1500 ft² / día, mediante un mecanismo de rodillo abrasivo que permite aplicar el producto a la piel de una forma eficiente y uniforme. Este rodillo suministro de producto trabaja conjuntamente con un conjunto de rodillos encargados de tensar y trasladar una banda transportadora que también es llamado tapete.

Estos sistemas aportan de manera significativa para mejorar la calidad del producto respecto a uniformidad, aprovechamiento de materia prima, eficiencia, variedad de aplicación, y sobre todo a la conservación del medio ambiente y de trabajo, pues se evita que partículas del producto empleado terminen en espacios abiertos o también perjudiquen la salud del operario que está efectuando las operaciones de terminado.

ABSTRACT:

Through the craftsmanship that had been practicing on the premises of the beneficiary (soaked plush product and pneumatic jet) was processed an average of 500 ft² / day, the implementation of the machine can process an average of 1500 ft² / day by abrasive roller mechanism that allows to apply the product to the skin in an efficient and uniform. This roll product supply works with a set of rollers and transfer charge to tighten a belt which is also called table. These systems contribute significantly to improving the quality of the product regarding uniformity of raw material utilization, efficiency, range of application, and especially environmental conservation and labor, as it prevents particles end product used in also open spaces or harm the health of the operator who is performing finishing operations.

1. Introducción:

El proceso de curtido de pieles es una actividad que ha incrementado su producción en los últimos años en el Ecuador, con este producto se pueden elaborar diversos artículos de vestimenta y decoración, existen variedad de tipos de cuero terminado, estos dependen de la moda, calidad, efectos y tipo de cuero en el que se esté trabajando.

El aumento de la demanda en producto terminado y sobre todo calidad en el producto, obliga a pequeñas, medianas y grandes empresas dotarse de tecnología capaz de automatizar procesos que se han venido realizando por muchos años de forma artesanal, obteniendo el mismo producto final o inclusive mejor en un tiempo eficiente que apunte al incremento de ventas y por lo tanto al crecimiento de la persona u asociación dedicada a esta actividad.

La empresa beneficiaria debe limitarse a rentar maquinaria para realizar el terminado del proceso, el costo que representa adquirir una máquina producto de la importación es demasiado alto.

La maquinaria que existe en la mayoría de las empresas dedicadas a esta actividad tienen un tiempo de trabajo que rodea los 30 años, esto dificulta el desarrollo de esta industria en el país.

En los últimos años, la producción del rubro ha disminuido debido a la fuerte competencia externa. Esta producción se concentra mayoritariamente en la Región Austral del Ecuador, donde se ubican alrededor del 50% de las curtiembres del país.

La empresa favorecida no cuenta con maquinaria propia, por lo que la construcción de esta máquina significa una nueva etapa en el desarrollo tecnológico de sus procesos.

2. Metodología:

2.1 Descripción del Área de Aplicación:

La empresa beneficiaria realizaba antes de la construcción de la maquinaria descrita en este proyecto el proceso de terminado en sus instalaciones con operaciones netamente manuales; una vez que se llega a la fase final en el proceso de terminado de curtido de pieles de res se clasifica a las pieles en aptas para el proceso de pintado y lacado final y en el caso opuesto las pieles deben ser esmeriladas o lijadas en toda su flor para posteriormente aplicar una capa o flor artificial a base de polímeros con el fin de implementar una nueva capa a la piel tratada y la condición de terminado sea igual o mejor.

La maquinaria construída trabaja para estos tres procesos: pintado, lacado e impregnado de la piel; por lo tanto el campo de aplicación de la misma se restringe al terminado en el proceso de curtido de pieles de res.

2.2 Metodología

Para poder efectuar una correcta selección de los elementos y sistemas utilizados en la máquina construída se efectuó un proceso de **Matriz de decisión** detallado en el capítulo 3 del Tomo I de la presente tesis, a continuación se enlistan los sistemas y elementos que se eligieron por medio de este método:

- Transmisiones
- Tipos de engranes
- Rodamientos
- Material para banda Transportadora
- Reductores de velocidad
- Variadores de velocidad

- Bomba Hidráulica
- Bomba neumática
- Sistema cambio de rodillo
- Sistema eléctrico

El diseño de la maquinaria se lo realizó usando varios programas de diseño mecánico, y cuyos respaldos se los puede verificar en el desarrollo del Tomo II del presente proyecto; entre los principales programas utilizados se mencionan los siguientes:

- Autocad 2D-3D
- Solid Works
- Math-Cad
- Microsoft Office

Con la simulación de fuerzas y acoplamiento en estos programas se prosiguió a la construcción y ensamblaje de los distintos elementos y sistemas involucrados en el funcionamiento de la máquina.

Esta construcción y posterior ensamblaje se encuentra detallado en el capítulo 4 del presente proyecto.

Finalmente para efectuar el análisis económico y financiero de la construcción de la maquinaria se utilizó el programa Microsoft Excel obteniendo en conclusión que el proyecto es rentable con un valor del VAN de 70077,63 USD en proyección a 5 años útiles de trabajo y una Tasa de retorno TIR de 61,3 % que es una tasa muy aceptable tomando en cuenta el beneficio que la empresa auspiciante recibirá por el trabajo propio y alquiler de la maquinaria.

3. Características técnicas maquinaria:

Parámetro	Unidad	Observación/ Detalle
Apertura mínima/máxima cilindros operadores	mm	-0 / +25mm
Ancho útil máx. de carga = Ancho máx. piel mecanizable	mm	1800
Velocidad de rotación del puente (constante)	rpm	Manual
Velocidad mínima/máxima del cilindro grabado	rpm	75-450
Velocidad mínima/máxima del tapete engomado	rpm	75-450
Presión neumática mínima/máxima	atm.	0-10
Potencia instalada/consumida	Hp	3
Masa total máquina con 3 cilindros montados en la estrella	kg	3120

Masa de un cilindro grabado, 1800mm	kg	485
Consumo aire base	m ³ /h	0.25
Consumo aire bomba producto	m ³ /h	100
DATOS ACÚSTICOS Norma aplicada: UNÍ EN ISO 11202 Octubre 1997,		
Nivel de presión acústica continua equivalente en el puesto de trabajo en la zona de carga	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En vacío: 70 dB (A) ▪ Con carga: 71 dB (A) 	
Nivel de presión acústica continua equivalente en el puesto de trabajo en la zona de descarga	<ul style="list-style-type: none"> ▪ En vacío: inferior a 70 dB (A) 	

4. Pruebas y calibración de la máquina:

4.1 Pruebas

Al tratarse de una máquina cuyo fundamento de operación se basa en la aplicación de productos que cubren la superficie del cuero, las pruebas a realizarse tienen el fin de comprobar este fenómeno en primera instancia. Por lo tanto se debe comprobar parámetros máximos de funcionamiento, estos son: velocidad máxima de banda transportadora, velocidad máxima de giro de rodillo suministrador de producto, y caudal máximo de bombeo del producto a ser utilizado; la prueba final consiste en fijar valores para los parámetros anteriores de manera que se obtenga una aplicación uniforme del producto a la piel.

En primer lugar se realizan pruebas al sistema eléctrico, de manera que los moto-variadores involucrados: Moto-variador #1 para giro del rodillo de producto, Moto-variador #2 para desplazamiento de la banda transportadora, y luces de control en el tablero de control funcionen de la manera esperada. Esta prueba tuvo un resultado exitoso ya que los comandos y luces de control trabajaron correctamente, motivo por el cual se procede a mostrar las siguientes observaciones respecto al funcionamiento de los Moto-variadores de velocidad.



Figura 1 Prueba del sistema eléctrico

Tabla 1. Prueba de funcionamiento del Moto-Variador #1 en función de la carga y la velocidad

Carga (Lb)	Detalle de carga	Velocidad angular mínima (rpm)	Obsér.	Vel. angular máxima (rpm)	Observación
1,213	Eje de salida moto variador solamente	75	Funcionamiento sin complicaciones	450	Funcionamiento sin complicaciones
2,864	Eje de salida con rueda dentada #1	75	Funcionamiento sin complicaciones	450	Funcionamiento sin complicaciones
52,88	Transmisión #1 sin engrane propulsor (Rd1+ Rd2+Rd3+Cadena)	75	Funcionamiento sin complicaciones	450	Calentamiento ruedas dentadas y cadena
66,89	Transmisión #1 completa (Rd1+ Rd2+Rd3+Cadena+Engrane propulsor)	75	Funcionamiento sin complicaciones	450	Calentamiento transmisión #1
80,36	Transmisión #1 +Acoplamiento (Engrane propulsor + Engrane de anclaje)	75	Funcionamiento sin complicaciones	450	Calentamiento transmisión #1 y acoplamiento
97,76	Transmisión #1 + acoplamiento+ rodillo suministrador de producto	75	Funcionamiento sin complicaciones	450	Recalentamiento del motor(No es recomendable)

Nota: La carga máxima del Moto-variador #1 es 900 N ó 202,3 Lb; por lo tanto la carga al que está sometido es menor y el trabajo se efectúa de manera confiable.

Conclusión: El moto-variador #1 trabajará a un valor medio de velocidad angular, pues la cobertura de producto a la piel no se debe efectuar ni a demasiada velocidad ni a muy poca.

Tabla 2 Prueba de funcionamiento del Moto-Variador #2 en función de la carga y la velocidad

Carga (Lb)	Detalle de carga	Velocidad angular mínima (rpm)	Observación	Velocidad angular máxima (rpm)	Observación
1,215	Eje de salida motovariador solamente	75	Funcionamiento sin complicaciones	450	Funcionamiento sin complicaciones
2,866	Eje de salida con rueda dentada #4	75	Funcionamiento sin complicaciones	450	Funcionamiento sin complicaciones
64,586	Transmisión #2 (Rd4+ Rd5+Rd6+Rd7+cadena)	75	Funcionamiento sin complicaciones	450	Recalentamiento ruedas dentadas y cadena
140,92	Transmisión #2 completa (Rd4+ Rd5+Rd6+Rd7+cadena+Banda de transporte)	75	Funcionamiento sin complicaciones	450	Forzamiento del sistema (Colapso)

Nota: La carga máxima del Moto-variador #2 es 900 N ó 202,3 Lb; por lo tanto la carga al que está sometido es menor y el trabajo se efectúa de manera confiable.

Tabla 3 Prueba de funcionamiento del Moto-reductor para limpieza del tapete en función de la carga y la velocidad

Carga (Lb)	Detalle de carga	Velocidad angular de salida (rpm)	Observación
3,61	Eje de salida moto reductor solamente	70	Funcionamiento sin complicaciones
4,43	Eje de salida con rueda dentada #8	70	Poco calentamiento (2 horas aprox.)
36,26	Transmisión #3 completa (Rod+ Rod9+Cadena+Cepillo de limpieza)	70	Calentamiento normal del motor (45 " aprox.)

Nota: La carga máxima del Moto-reductor es 225 N ó 50.58 Lb; por lo tanto la carga al que está sometido es menor y el trabajo se efectúa de manera confiable.

4.2 Calibración

Una vez probada la máquina se procede a su calibración en base a la calidad del cuero que debe procesarse, para lo cual se obtiene los siguientes resultados:

Nota: para control de calidad en el terminado de cueros se mide la aplicación de producto por dos parámetros:

1ro.- La uniformidad respecto a la aplicación de producto sobre la piel. Sentido de la vista y tacto.

2do.- La cantidad de producto pesada en gramos que absorbe la piel, por eso es importante pesarla antes de aplicar el producto y después para apreciar la diferencia en peso; aproximadamente en cada piel deben **entrar 800 gramos de producto**, independientemente de la viscosidad del mismo.

4.2.1. Proceso de pintado

Tabla 4 Parámetros de funcionamiento de la máquina pintado

Prueba #:	Velocidad del rodillo (rpm)	Velocidad del tapete (rpm)	Presión de bombeo del producto (Bares)	Observaciones
1	75	75	1	Demasiada carga de producto en la piel
2	85	100	1	Falla en un 50% la aplicación de producto sobre la superficie de la piel y exceso de carga.
3	150	100,5	1,5	Falla en un 30% la aplicación de producto sobre la superficie de la piel
4	180	120	1,5	Falla en un 10% la aplicación de producto sobre la superficie de la piel
5	210	120,2	2	Pintado uniforme en un 100 %

Tabla 5 Control de calidad en el terminado pintado

Prueba #:	Peso inicial de la piel (gr)	Peso final de la piel (gr)	Cantidad de producto absorbida (gr)	Observaciones
1	2310	3810	1500	Excesiva cantidad de producto en la piel, exceso 87,5%.
2	2650	3678	1028	Demasiada cantidad de producto en la piel, exceso 28,5%
3	2567	3472	905	Cantidad de producto absorbida por la piel con un exceso del 13%
4	2589	3403	814	Cantidad de producto absorbida por la piel con un exceso del 1,75%
5	2367	3169	802	Cantidad de producto absorbida por la piel con un exceso del 0,25%; prueba aceptable.

4.2.2. Proceso de impregnado

Tabla 6 Parámetros de funcionamiento de la máquina impregnado

Prueba #:	Velocidad del rodillo (rpm)	Velocidad del tapete (rpm)	Presión de bombeo del producto (Bares)	Observaciones
1	75	95	0,5	Muy poca carga de producto sobre la piel
2	90	80	1	Caudal demasiado débil, manchas de producto en la piel
3	160	95	1,2	Caudal de producto regular, manchas en un 40 % de la superficie de la piel.
4	200	120	1,7	Mejora la distribución de producto en la piel, manchas reducen a 20%.
5	240	140	2	Distribución excelente sobre la piel, caudal de producto óptimo.

Tabla 7 Control de calidad en el terminado impregnado

Prueba #:	Peso inicial de la piel (gr)	Peso final de la piel (gr)	Cantidad de producto absorbida (gr)	Observaciones
1	2394	2610	216	Muy poca cantidad de producto absorbido por la piel, déficit 7,3%
2	2650	2937	287	Poca cantidad de producto absorbido por la piel, déficit 64,12%
3	2594	3112	518	Falla la dispersión de producto en un 25 % sobre la piel, déficit de carga 35,25%
4	2170	2770	605	Falla la dispersión de producto en un 10 % sobre la piel, déficit de carga 24,37%
5	2697	3495	798	Distribución uniforme del producto sobre la piel, déficit de carga 0,25%.

4.2.3. Proceso de lacado

Tabla 8 Parámetros de funcionamiento de la máquina lacado

Prueba #:	Velocidad del rodillo (rpm)	Velocidad del tapete (rpm)	Presión de bombeo del producto (Bares)	Observaciones
1	75	90	0,5	Muy poca carga de producto sobre la piel
2	80	98	1	Manchas de producto en la piel, poco uniforme
3	130	110	1,2	Caudal de producto regular, manchas en un 35 % de la superficie de la piel.
4	190	120	1,7	Mejora la distribución de producto en la piel, manchas reducen a 10%.
5	240	140	2	Distribución excelente sobre la piel, caudal de producto óptimo.

Tabla 9 Control de calidad en el terminado lacado

Prueba #:	Peso inicial de la piel (gr)	Peso final de la piel (gr)	Cantidad de producto absorbida (gr)	Observaciones
1	2415	2651	236	Muy poca cantidad de producto absorbido por la piel, déficit 70,5%
2	2540	3070	530	Poca cantidad de producto absorbido por la piel, déficit 33,75%
3	2693	3773	1080	Falla la dispersión de producto en un 30 % sobre la piel, exceso de carga 35%
4	2543	3450	907	Falla la dispersión de producto en un 15 % sobre la piel, exceso de carga 13,37%
5	2134	2939	805	Distribución uniforme del producto sobre la piel, déficit de carga 0,625%.

4.2 Evaluación de condiciones Actuales de Trabajo (Post- Construcción)

Para esto es necesario definir los movimientos actuales en ventas de “Curtiduría Dávila”, estos son los siguientes:

Tabla 10. Movimientos actuales en ventas empresa beneficiaria antes de la construcción de la maquinaria

ITEM	VALOR
Costo promedio por ft ² cuero terminado	0.35 USD
Ventas por mes (ft ²)	1800 ft ²
Ventas anuales (ft ²)	21600 ft ²
TOTAL ANUAL(USD)	7560

Tomando en cuenta que con el uso de la maquinaria la producción en el terminado de cueros se aumentará en un 100 %, es decir de 300 pieles mensuales (7500 ft²) a 600, los valores esperados de utilidad para la empresa beneficiaria son los siguientes:

Tabla 11 Valores de utilidad neta esperada por lote de 600 pieles procesadas

ITEM	VALOR
Costo promedio por ft ² cuero terminado	0.35 USD
Ventas por mes (ft ²)	3500 ft ²
Ventas anuales (ft ²)	42000 ft ²
TOTAL (USD)	15000

Proyección arrendamiento maquinaria:

En promedio la máquina para el terminado del curtido de pieles permite trabajar 2 pieles por minuto, lo que permite cubrir sin problemas la cantidad de 600 pieles a “terminar” en las instalaciones de la empresa beneficiaria.

Es por eso que se desarrollará en la empresa el arriendo de esta maquinaria con el fin de obtener mayor utilidad y de manera eficaz recuperar el valor de la inversión inicial realizada.

Por esto se proyecta que en promedio se podrá procesar para otras empresas una cantidad de 1000 pieles mensuales a un precio competitivo de 0.25 USD por piel, lo que permite ubicar a la empresa en una posición competitiva en el mercado.

Se tiene el siguiente valor, el cual debe ser adicionado al valor de utilidad esperada por lote de 600 pieles procesadas. (Tabla 11)

Tabla 12 Proyección arrendamiento maquinaria

ITEM	VALOR
# pieles (Arriendo)	1000 (mensuales)
Costo unitario (Arriendo)	0.25 c/u
Ingreso Total mensual	250 USD
Ingreso Total Anual	3000 USD

5. Conclusiones

Luego de la finalización del proyecto se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- Gracias a la rapidez de aplicación de producto a la piel con la máquina construída en comparación con las técnicas artesanales que hasta hoy se venían aplicando, la empresa beneficiaria aumentará la producción mensual en el terminado del curtido de pieles de res en un porcentaje de 100%, tomando en cuenta un lote de pieles mensual de 300.

-Se pudo evidenciar la diferencia de calidad en el terminado del curtido con la máquina construída y las aplicaciones que se venían practicando en el pasado de la empresa, como felpa y técnica de soplete.

-La máquina construída aporta beneficio al momento de secado de la piel, pues como la aplicación de producto es más rápida, el secado se realiza de manera uniforme por toda la superficie dando como resultado un producto final de mejor calidad.

-El sistema de recirculación de producto instalado en la máquina permite aprovechar el mismo en un 98%, esto representa un beneficio para la economía de la empresa beneficiaria, la salud del operario y la conservación del medio ambiente.

-Mediante las pruebas de funcionamiento de la máquina se obtuvo un promedio de 97% de la superficie de la banda cubierta por el producto utilizado, pudiendo ser este pigmento, impregnación o laca; esto demuestra que la máquina tiene un alto porcentaje de eficiencia, cumpliendo con las expectativas de la empresa beneficiaria.

-La inversión realizada por la empresa beneficiaria es bien justificada pues el costo de producción de la máquina representa el 15% aproximadamente del valor que significa importar una máquina construída en el exterior con similares características técnicas y físicas (aproximadamente 85000 USD).

6. Referencias

6.1. BIBLIOGRAFICAS

- **SHIGLEY**, Joseph Edward. Mischke; Charles R. Diseño en Ingeniería Mecánica. Sexta Edición. Editorial Mc Graw Hill. México D.F. 1994. 883 p.
- **BEER**, Ferdinand P. Y E. Ruselli Johnston Jr. Mecánica de materiales. Quinta Edición. Editorial Mc. Graw Hill, Bogotá Colombia 1982. 789 p.
- **DEUTSCHMAN**, Aaron, Michels, Walter, Wilson, Charles, Diseño de máquinas, Teoría y práctica. Compañía editorial Continental México. 1991. 990 p.
- **NORTON**, Robert L. Diseño de máquinas. Primera Edición. Editorial Prentice Hall, México. 1999. 915 p.
- **HIBBELER**, R.C. , Mecánica de materiales. Tercera Edición, Editorial Prentice Hall Hispanoamericana. S.A., 1998. 925 p.
- **FAIRES**, Virgil Moring , Diseño de Elementos de máquinas, Primera Edición 1970, Reimpresión 1977, Impreso en España, Editorial Tonsa -San Sebastián. 545 p.
- **ESCAMILLA**, Jairo Uribe Escamilla, Análisis de estructuras, Segunda Edición, Editorial Escuela Colombiana de Ingeniería, Ecoe Ediciones, Reimpresión 2004. 345 p.
- **SPENCER, DYGDON, NOVAK**, Dibujo técnico, Octava Edición, Grupo editor Alfa-Omega. Impreso en México. 2009 657 p.
- **MAJUMDAR**, Sistemas neumáticos Principios y mantenimiento, única edición, Editorial McGraw-Hill Interamericana S.A. 1998. Impreso en México. 125 p.
- **QUEZADA**, Carlos Johny Cerna, Diseño mecánico con SolidWorks, Primera Edición, Abril 2009, Editorial Megabyte 450 p.
- **RIDDER**, Deflet, Autocad 2008 para arquitectos e ingenieros, Primera edición, Alfaomega Grupo Editor, S.A. de C.V., México. 560 p.
- **BAUMEISTER**, Theodore, Marx Manual del ingeniero, Mecánico, 1990, Editorial Mc Graw-Hill Interamericana, México D.F. México 560 p.
- **GILES**, Ronald; Mecánica de los fluidos e hidráulica, 1991, Editorial Mc. Graw Hill Interamericana, México D.F. México. 456 p.

7. Firmas de Responsabilidad y Revisión

DIRECTOR: Ing. Emilio Tumipamba

CODIRECTOR: Ing. Oswaldo Mariño