

Proyecto de Ingeniería Aplicada

Estudio de prefactibilidad para la implementación de una planta de servicios de tratamiento de aguas residuales de curtiembres para la empresa INDUQUIM ODAR

Prefeasibility study for a tannery wastewater treatment services plant implementation for the company INDUQUIM ODAR

Ronald Ortega Gantier 1.

1 Ingeniero Industrial. Universidad Privada del Valle, Cochabamba. ronald.ortegag@gmail.com

RESUMEN

El presente trabajo es un estudio de prefactibilidad realizado para la empresa INDUQUIM ODAR, con el fin de contribuir con una alternativa para las empresas curtidoras, que atraviesan dificultades en el aspecto ambiental, lo cual deriva en clausuras, multas y pérdida de fuentes laborales. El horizonte de valuación fue de 14 años, desde el 2017 hasta el año 2031, comprendiendo los aspectos de: estudio de mercados, donde se determinó la demanda insatisfecha; tamaño y localización del proyecto; ingeniería del proyecto basado en pruebas experimentales e investigaciones realizadas por la empresa INDUQUIM ODAR, que arrojó datos técnicos sobre el proceso adecuado para el cumplimiento de la normativa ambiental; organización administrativa; evaluación económica-financiera, donde se estableció la rentabilidad del proyecto; evaluación económica-social, que determinó la rentabilidad y beneficios sociales del proyecto, y la evaluación ambiental.

Palabras clave: Factibilidad económica. Impacto ambiental. Prefactibilidad.

ABSTRACT

This work is a prefeasibility study carried out for the company INDUQUIM ODAR, in order to contribute with an alternative for tanning companies, which are experiencing difficulties in the environmental aspect, which leads to closings, fines and loss of labor sources. The valuation horizon was 14 years, from 2017 to 2031, comprising the aspects of: market research, where unsatisfied demand

was determined; project size and location; engineering of the project based on experimental tests and investigations carried

out by the company INDUQUIM ODAR, which yielded technical data on the appropriate process for compliance with environmental regulations; administrative organization; economic-financial evaluation, where the profitability of the project was established; economic-social evaluation, which determined the profitability and social benefits of the project, and the environmental evaluation.

Keywords: Economic feasibility. Environmental impact. Prefeasibility.

INTRODUCCIÓN

La industria del cuero ha emergido como una actividad importante para la economía de muchos países. El Instituto Boliviano de Comercio Exterior (IBCE)-Unidad de Estadística, indica que el volumen incrementó en 18%. Considerando que más del 90% de lo exportado es materia prima y que las manufacturas representan un bajo porcentaje. El principal producto exportado es el de “cueros y pieles curtidos o crust de bovino en estado húmedo” representando el 56% del total exportado. Asimismo, se exportó a un total de 37 países, siendo Italia el principal comprador de los cueros bolivianos con una participación del 59%, siguiendo en importancia, desde lejos, Paraguay y China (Vega, 2015).

El medio ambiente está siendo afectado por los residuos sólidos y líquidos provenientes de la industria de cuero. Estos son productos secundarios inevitables del proceso de manufactura del cuero, y causan contaminación significativa a menos que sean tratados de alguna forma previamente a la descarga. El tema ecológico tiene un singular significado desde que constituye uno de los componentes que ha sido incorporado para la evaluación de la competitividad internacional del sector. Dadas las características del proceso productivo, este es esencialmente agresivo a la naturaleza del cuero y en consecuencia lo es para el ambiente (Universidad de Santiago de Compostela, 2007).

La contaminación generada por la industria curtidora de la provincia de Cercado, de Cochabamba, no es un problema reciente, desde años anteriores se han registrado descargas de agua residuales a efluentes naturales y alcantarillado público, con tratamientos deficientes y, muchas veces, sin tratamiento alguno por parte de estas industrias. Según estudios realizados, el agua del río Rocha está contaminada, aparte de materia inorgánica, con 15 diferentes tipos de metales pesados, y 37 tipos de pesticidas (Claros, 2019).

En el año 2008 se elaboró el Proyecto Gestión Integral Río Rocha, con la intención de recuperarlo de la contaminación generada por las diversas Industrias y la población, “el río Rocha recibe líquidos de curtiembres, fábrica de detergentes y aceites, faneadoras de pollos, lavaderos, lo que ha originado degradación y empobrecimiento de la comunidad biológica, pocas especies son tolerantes; los peces en el río Rocha son ausentes o raros” (Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba, 2008). Se han encontrado concentraciones elevadas de Cr, Pb y Zn en los mosquitos que se desarrollan en el río.

En este sentido, el objetivo general del presente trabajo es realizar un estudio de prefactibilidad para la empresa INDUQUIM – ODAR, para la

instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales de curtiembres que brinde servicio de tratamiento de aguas residuales a las empresas curtidoras, que vierten sus residuos líquidos en el río Rocha, localizadas dentro de la provincia de Cercado, en la ciudad de Cochabamba.

Como objetivos específicos se tienen:

- Determinar el déficit de la demanda servicios de tratamiento de aguas residuales de curtiembres que aporte información sobre el mercado para la empresa INDUQUIM ODAR.
- Establecer factibilidad técnica para la instalación de una planta de servicio de tratamiento de aguas residuales de curtiembres que ayude a las empresas a cumplir con los estándares para el vertido de sus residuos.
- Comprobar la factibilidad económica-financiera de la instalación de una planta de servicios de tratamiento de aguas residuales de curtiembres para la empresa INDUQUIM ODAR.
- Determinar la factibilidad-económica social de la instalación de una planta de servicio de tratamiento de aguas residuales de curtiembres para la empresa INDUQUIM ODAR.
- Identificar el impacto ambiental del servicio que brindaría una planta de tratamiento de aguas residuales de curtiembres para la empresa INDUQUIM ODAR.

METODOLOGÍA

a. Enfoque

El proyecto tuvo un enfoque cuantitativo, debido a que se busca responder a los objetivos por medio de la recolección, análisis de datos, uso de mediciones numéricas y análisis estadísticos.

b. Tipo de investigación

- **Exploratoria:** Debido a que no existen plantas que brinden este tipo de servicios a las curtiembres de Cochabamba.
- **Transversal:** Porque se realizará solo una vez en el tiempo.
- **Descriptiva:** Ya que buscará especificar

propiedades, características, rasgos y parámetros importantes para los fenómenos que se analizarán.

c. Sujeto y fuentes

- **Sujeto:** Los sujetos de estudio del proyecto fueron las empresas dedicadas a la elaboración de cueros localizadas dentro de la provincia de Cercado, aquellas que realizan el curtido de cueros.
- **Fuentes:** Las fuentes primarias fueron las personas y las organizaciones a las que se acudió para recoger información, mientras que la recolección de datos se dio mediante un censo a las curtiembres de la Provincia de Cercado. Por otro lado, las fuentes secundarias fueron libros, revistas, documentos escritos, documentales, los noticieros y los medios de comunicación audiovisuales.

d. Alcance

El alcance poblacional del proyecto fueron las curtiembres localizadas en la provincia de Cercado, del departamento de Cochabamba, del Estado Plurinacional de Bolivia.

En cuanto al alcance tecnológico, se evaluó la viabilidad de la instalación de una planta de servicios de recolección, tratamiento y disposición de efluentes residuales de curtiembres, basado en el proceso de tratamiento aguas residuales investigado y probado por la empresa INDUQUIM

ODAR.

Referente al alcance temático del proyecto, se buscó realizar un estudio de prefactibilidad para evaluar la viabilidad de la instalación de una planta de tratamiento de aguas residuales de curtiembres que brinde servicio de tratamiento de aguas residuales a las empresas curtidoras de la provincia de Cercado. Se llevaron a cabo los estudios siguientes:

- Estudio de mercados.
- Estudio del tamaño y localización.
- Ingeniería del proyecto.
- Organización administrativa.
- Evaluación económica-financiera.
- Evaluación económica-social.
- Evaluación ambiental
-

RESULTADOS

a. Estudio de mercados

Mediante el estudio de mercados se identificaron 7 curtiembres en la Provincia de Cercado funcionando de forma industrial, partiendo de esta información se realizó un censo a estas curtiembres para recoger información acerca de la situación actual de sus efluentes residuales.

El mercado se segmentó de la forma indicada en la Tabla No.1, donde también se indica el volumen de aguas residuales vertidas por las curtiembres de la provincia Cercado en el año 2016.

Tabla No. 1. Segmentación del mercado y volumen de efluentes residuales

Segmento	%	Volumen por segmento (L/año)
Micro curtiembres	57%	998.400
Pequeñas curtiembres	29%	960.000
Medianas curtiembres	14%	1.440.000
Total	100%	3.398.400

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para proyectar la demanda se consideró que no existe información histórica sobre la demanda de servicios de tratamiento de efluentes residuales de curtiembres, por lo cual, se tomaron datos del Ministerio de Desarrollo y Economía Plural sobre la cantidad de cueros producidos en el departamento de Cochabamba, indicados en la Tabla No. 2. Se realizó una regresión lineal

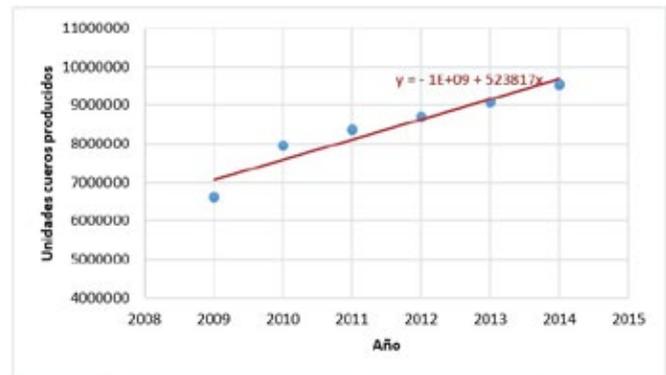
donde se presentó un coeficiente $R^2 = 0,91319$; lo cual indica que la función lineal se ajusta mejor a los valores estudiados. En la Figura No.1 se observan los valores obtenidos; con la ecuación de regresión se proyectó las cantidades de cueros para los años de evaluación del 2017 al 2031, detallados en la Tabla No.3.

Tabla No. 2. Unidades de cuero producidas en Cochabamba

Año	Unidades
2009	6.596.360
2010	7.956.886
2011	8.369.225
2012	8.697.039
2013	9.067.969
2014	9.530.866

Fuente: Adaptado de MDP y EP, 2017.

Figura No.1. Regresión lineal de unidades de cuero producidas en Cochabamba



Fuente: Elaboración propia, 2017.

Año	Cueros producidos (Unidades)
2015	10.205.092,71
2016	10.728.910,65
2017	11.252.728,59
2018	11.776.546,53
2019	12.300.364,47
2020	12.824.182,41
2021	13.348.000,35
2022	13.871.818,29
2023	14.395.636,23
2024	14.919.454,17
2025	15.443.272,1
2026	15.967.090,0
2027	16.490.908,0
2028	17.014.725,90
2029	17.538.543,90
2030	18.062.361,80
2031	18.86.179,70

A partir de esta proyección y debido a que no existen indicadores de crecimiento para el rubro, se calcula un indicador de crecimiento esperado porcentual para el año 2016 al 2031, que se espera

tenga la producción de cueros en Cochabamba. Para el cálculo de la tasa de crecimiento se utiliza la ecuación (1).

$$Tasa\ de\ crecimiento\ \% = \left(\frac{Valor_{Año} - Valor_{Año-1}}{Valor_{Año-1}} \right) * 100 \quad (1)$$

Una vez calculada la tasa de crecimiento, se multiplica este valor por el volumen de agua residual producido en el año 2016, de esta forma se obtiene el volumen de aguas residuales

producidos para el año 2017, se procede de la misma forma con los años siguientes. Los valores obtenidos se observan en la Tabla No. 4.

Tabla No.4. Tasa de crecimiento

Año	Tasa de crecimiento proyectada (%)	Volumen de aguas residual proyectado (Litros)
2016	5,13	3.398.400
2017	4,88	3.564.309,9
2018	4,65	3.730.228,5
2019	4,44	3.896.149,1
2020	4,25	4.062.086,1
2021	4,08	4.228.022,3
2022	3,92	4.393.929,9
2023	3,77	4.559.850,4
2024	3,63	4.725.770,9
2025	3,51	4.891.691,4
2026	3,39	5.057.612,0
2027	3,28	5.223.532,5
2028	3,17	5.389.453,0
2029	3,07	5.555.373,5
2030	2,98	5.721.294,0
2031	2,90	5.887.214,6

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Mediante el censo realizado a las curtiembres localizadas dentro de la Provincia de Cercado se pudo conocer que solo el 45,71% de los efluentes producidos por las curtiembres son tratados de forma adecuada. Este valor se interpreta como la oferta de tratamiento de aguas residuales. A partir de este dato se calculó la oferta proyectada para cada año de evaluación, Tabla No.5.

Entonces, a partir de estos datos, se calculó la diferencia entre la oferta y la demanda para obtener la demanda insatisfecha del servicio de tratamiento de efluentes residuales como se observa en la Tabla No. 6 a continuación.

Tabla No. 5. Oferta proyectada

Año	Oferta proyectada (l/año)
2016	1.553.408,6
2017	1.629.246,1
2018	1.705.087,4
2019	1.780.929,7
2020	1.856.779,5
2021	1.932.628,9
2022	2.008.465,3
2023	2.084.307,6
2024	2.160.149,8
2025	2.235.992,1
2026	2.311.834,4
2027	2.387.676,6
2028	2.463.518,9
2029	2.539.361,2
2030	2.615.203,5
2031	2.691.045,7

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla No. 6. Demanda insatisfecha

Año	Demanda insatisfecha(l/año)
2016	1.844.991,4
2017	1.935.063,8
2018	2.025.141,1
2019	2.115.219,3
2020	2.205.306,5
2021	2.295.393,3
2022	2.385.464,5
2023	2.475.542,8
2024	2.565.621,0
2025	2.655.699,3
2026	2.745.777,5
2027	2.835.855,8
2028	2.925.934,0
2029	3.016.012,3
2030	3.106.090,5
2031	3.196.168,8

Fuente: Elaboración propia, 2017.

b. Tamaño y Localización

• Tamaño

Se estableció que el proyecto cubre el 56% de la demanda insatisfecha proyectada para el año 2031. Este porcentaje fue determinado por la empresa INDUQUIM ODAR quien mantiene relaciones con los productores de cuero y expresaron disposición por entregar este volumen de efluentes a la planta. El porcentaje de utilización de la planta establecido para el año 2017 fue del 30%, llegando al 100% de su capacidad el año 2031. Considerando el porcentaje de cobertura del mercado mencionado anteriormente la capacidad máxima es de 1.795.927,24 litros anuales.

• Localización

Para determinar la localización más adecuada para el proyecto se utilizó el método cualitativo por puntos, en cuanto a la macrolocalización del proyecto se evaluaron las regiones de Sacaba, Tiquipaya, Vinto, Colcapirhua, Quillacollo y

Sipe Sipe, tomando en cuenta los factores de, disponibilidad de caminos transitables, cercanía a las fuentes de abastecimiento y mercado, disponibilidad de terrenos, características geográficas, disponibilidad de energía, clima social. Considerado estos aspectos la región seleccionada fue Sacaba.

La microlocalización del proyecto se determinó con la misma metodología mencionada anteriormente, se evaluaron las zonas de Huayllani, Esmeralda Sud, Oroncota, se evaluaron los factores de precio del terreno, distancia a las curtiembres, proximidad a ríos o efluentes naturales, servicios básicos, accesibilidad, la zona seleccionada fue Esmeralda Sud.

c. Ingeniería del proyecto

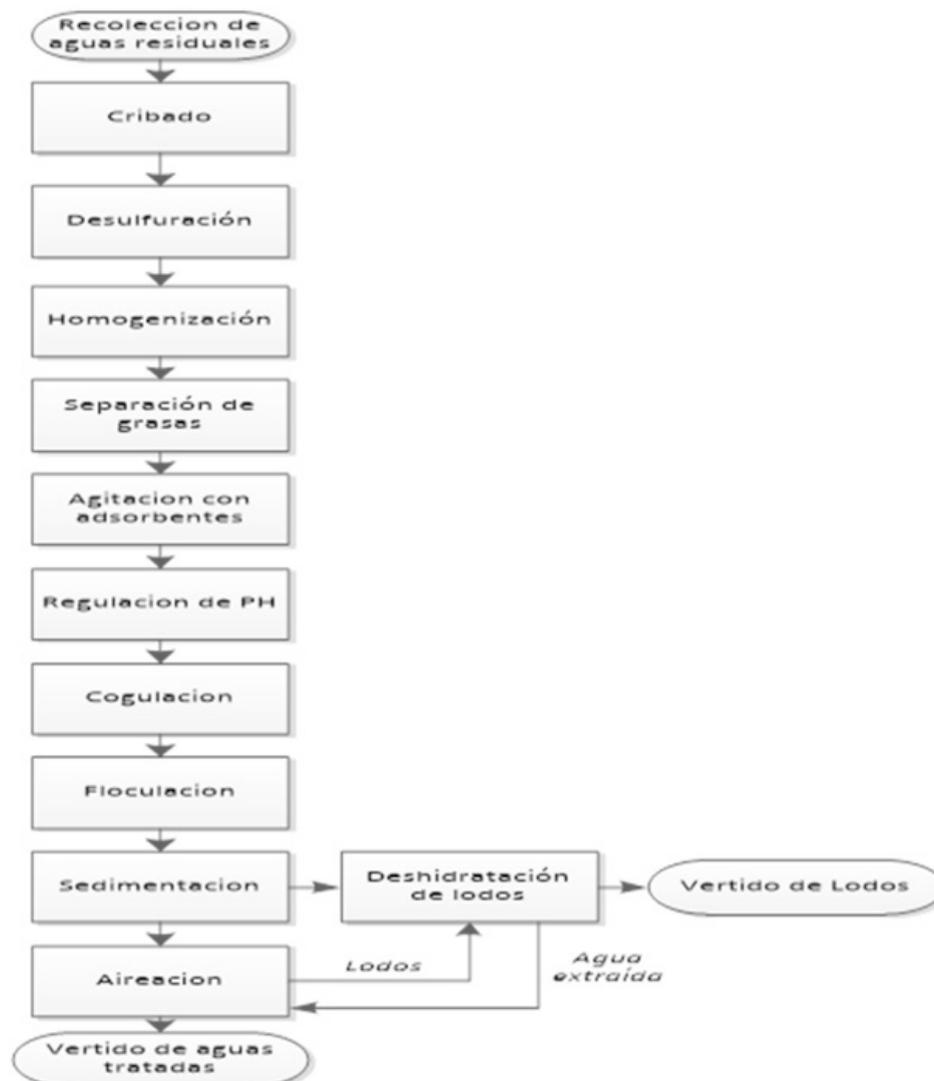
La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial establece que, previamente a la decisión de seleccionar el proceso adecuado para tratar los efluentes de curtiembres, se debe

tener en cuenta que el diseño de una planta de tratamiento de efluentes siempre se adapta a los requisitos de un sitio específico, por lo tanto, no hay dos plantas de tratamiento de efluentes totalmente idénticas, ni procesos o tecnologías que se apliquen de forma universal para el tratamiento de efluentes residuales (UNIDO, 2011).

Para seleccionar la tecnología para el proceso de tratamiento se tomó en cuenta información provista por la empresa INDUQUIM ODAR sobre pruebas experimentales, realizadas con efluentes de curtiembres de la provincia de Cercado, para determinar procesos, dosificaciones adecuadas y

reactivos para el tratamiento de los efluentes. Se propuso una etapa de pre tratamiento, donde se acondicionaron los efluentes para el tratamiento; seguidamente se llevó a cabo un tratamiento primario para la remoción de sólidos orgánicos e inorgánicos. Finalmente, se realizó un tratamiento secundario, donde se removi6 la materia orgánica coloidal biodegradable; posteriormente, los lodos residuales generados por el proceso de tratamiento fueron deshidratados y vertidos adecuadamente. Tomando en cuenta que la planta tiene una capacidad de 1.795.927,24 litros anuales, la capacidad diaria es de 7.483 litros, lo cual es suficiente para cubrir el 56% del mercado de la provincia de Cercado.

Figura No. 2. Flujograma del proceso



Fuente: Elaboración propia, 2017.

1. Recolección de aguas residuales: El servicio comienza con la recolección de los efluentes residuales de las curtiembres. Este proceso es un punto muy importante para el proyecto, debido a que la planta depende del transporte de las aguas residuales desde los centros productivos hasta la planta para su tratamiento. Para establecer el recorrido para la recolección de los efluentes residuales de curtiembres se utilizó el modelo del Problema del Agente Viajero (TSP), para determinar la ruta óptima que deberá recorrer el camión para recolectar los efluentes residuales. Este modelo tiene que ver con hallar el recorrido

más corto (cerrado) en una situación de n puntos, donde cada punto es visitado exactamente una vez antes de regresar al punto de partida (Taha, 2012).

Para determinar el recorrido óptimo, se utilizó el software WinQSB V 2.0, el cual permite resolver modelos de redes y para el caso del proyecto, permite resolver el modelo TSP. En la Tabla No.7 se observa la matriz generada, y en la Tabla No.8 la ruta y la distancia óptima en el circuito cerrado.

Tabla No. 7. Matriz de distancia entre curtiembres

		Distancia (Km)						
Localizaciones	Proyecto	A	B	C	D	E	F	G
Proyecto	0	17,2	16,9	15,4	15,2	14,9	16,5	13,3
A	17,2	0	0,1	7,8	7,7	7,3	4,7	5,3
B	16,9	0,14	0	7,7	7,6	7,1	4,5	5,2
C	15,4	7,8	7,7	0	0,16	0,75	3,4	6,9
D	15,2	7,7	7,6	0,16	0	0,6	3,6	6,8
E	14,9	7,3	7,1	0,75	0,6	0	2,8	6,4
F	16,5	4,7	4,5	3,4	3,6	2,8	0	7,5
G	13,3	5,3	5,2	6,9	6,8	6,4	7,5	0

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Tabla No. 8 Distancia óptima

Nodo	Conectado a	Distancia (Km)
Proyecto	G	13,3
G	B	5,2
B	A	0,14
A	F	4,7
F	E	2,8
E	D	0,6
D	C	0,16
C	Proyecto	15,4
Distancia mínima total =		42,30

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Esta ruta será cubierta tres veces por semana y dos veces al día, por lo tanto, cada día se estaría recorriendo un total 84.60 Km, tres veces por semana: lunes, miércoles y viernes.

2. Cribado: Consiste en la separación de sólidos gruesos. Se hace pasar el agua residual a través de rejillas o tamices de malla ancha. Estas rejillas se colocan en los canales de entrada de los tanques para evitar el paso de sólidos gruesos que pueden haber quedado en el agua.

3. Desulfuración: El objetivo de esta etapa es eliminar los sulfuros del efluente, por medio de la oxidación catalítica, por lo tanto, se eliminan los malos olores característicos de los efluentes de curtiembres. Para este proceso se utiliza sales de manganeso como catalizador. La desulfuración se realiza conjuntamente con la homogenización del efluente, en el mismo tanque de homogenización.

Homogenización: Este proceso se realiza en el mismo tanque donde se realiza la desulfuración. Se agita durante 10 minutos y se mezclan las aguas residuales para reducir la variación de la concentración de los componentes, y descargar al tratamiento el efluente con una tasa uniforme. Debido a los diferentes efluentes generados por las industrias, mediante este proceso se busca proporcionar los volúmenes adecuados de cada efluente que permitan operar de forma eficiente a la planta.

4. Separación de grasas: Se remueven las grasas y aceites suspendidos en la superficie del efluente, esto se realiza mediante trampas que retienen las grasas y aceites sobrenadantes, que luego son retirados manualmente.

5. Agitación con adsorbentes: La remoción del Cromo (VI) es muy difícil mediante el tratamiento convencional de coagulantes, por este motivo es que se lleva a cabo un proceso de adsorción. Mediante este proceso, se utiliza un compuesto de adsorbentes, para adherir moléculas o coloides a la superficie del sólido adsorbente, es posible

adsorber un 50% del Cromo total presente en la solución. Es necesario un pH entre 5 y 7, con un tiempo de contacto de 120 minutos con agitación lenta de 30 rpm para permitir el contacto de los coloides con las partículas de adsorbente. Se utiliza 2,3 Kg de adsorbente por m³ de agua a tratar.

6. Regulación de pH: Es necesario llevar el pH hasta las condiciones necesarias para la acción de los reactivos coagulantes y floculantes, así también para la remoción de cromo disuelto, ya que este es insoluble en un pH básico de 8, siendo este el pH mínimo necesario para operar la planta, siendo el óptimo un pH de 12.

7. Coagulación: Mediante este proceso se remueve la turbiedad orgánica e inorgánica que no puede sedimentar rápidamente, se remueve el color, se eliminan bacterias, virus y organismos patógenos susceptibles de ser separados por coagulación, así también permite la destrucción de algas, plancton, además de eliminar sustancias que producen olor y sabor.

8. Floculación: Para este proceso se utiliza el floculante PREAESTOL PA0823, lo cual permite a los floculos formados en la etapa anterior asentarse totalmente en un periodo mucho menor que por medio de la sedimentación normal. Además de actuar como floculante, PREAESTOL sirve también como coagulante, ya que se trata de un poli electrolito que tiene la propiedad de coagular sólidos disueltos en efluentes industriales.

9. Sedimentación: Posteriormente, en el mismo tanque de tratamiento fisicoquímico, el agua se deja sedimentar por un periodo de 2 horas. En esta etapa, se deposita el lodo, formado por las cargas contaminantes, en el fondo del tanque. Una vez sedimentado el lodo, el agua clara se bombea al tanque de aireación, mientras que el lodo se pasa a la etapa de deshidratación.

10. Aireación: se procura un contacto íntimo del aire con el agua. La principal meta es disolver

En la Tabla No. 9 se proyectan los insumos necesarios en kg/año para cada año de evaluación.

Tabla No.9. Insumos kg/año

Año	INSUMO				
	Sales de manganeso Kg	Compuesto de adsorbentes Kg	Cal Kg	Sulfato ferroso Kg	Floculante Kg
2017	16,16	1239,19	272,78	1239,19	0,11
2018	26,94	2065,32	454,64	2065,32	0,18
2019	37,71	2891,44	636,49	2891,44	0,25
2020	48,49	3717,57	818,35	3717,57	0,32
2021	53,88	4130,63	909,28	4130,63	0,36
2022	53,88	4130,63	909,28	4130,63	0,36
2023	53,88	4130,63	909,28	4130,63	0,36
2024	53,88	4130,63	909,28	4130,63	0,36
2025	53,88	4130,63	909,28	4130,63	0,36
2026	53,88	4130,63	909,28	4130,63	0,36
2027	53,88	4130,63	909,28	4130,63	0,36
2028	53,88	4130,63	909,28	4130,63	0,36
2029	53,88	4130,63	909,28	4130,63	0,36
2030	53,88	4130,63	909,28	4130,63	0,36
2031	53,88	4130,63	909,28	4130,63	0,36

Fuente: Elaboración propia, 2017.

En la Tabla No.10 se observa la demanda de energía de la planta de tratamiento a una capacidad del 100%.

Tabla No. 10. Demanda de energía

Proceso	Equipo	Horas de funcionamiento	Potencia a HP	Potencia kW	Demanda de energía kWh
Bombeo a pretratamiento	Bomba centrífuga	0,25	1	0,75	0,75
Homogenizado y desulfuración	Agitador	0,17	0,5	0,37	0,37
	Compresora	1,83	5,5	4,1	4,1
Bombeo a tratamiento fisicoquímico	Bomba centrífuga	0,25	1	0,75	0,75
Agitación con adsorbentes	Agitador	0,75	5	3,73	3,73
Regulación de PH	Agitador	0,17	0,5	0,37	0,37
Coagulación	Agitador	0,08	0,5	0,37	0,37
Floculación	Agitador	0,08	0,5	0,37	0,37
Sedimentación primaria	Agitador	2	1	0,75	0,75
Bombeo a tanque de aireación	Bomba	0,25	1	0,75	0,75
Aireación	Compresora	8	5,5	4,1	4,1
Bombeo a clarificador secundario	Bomba de lodos	0,25	1	0,75	0,75
Bombeo de aguas tratadas	Bomba centrífuga	0,25	1	0,75	0,75
Recirculación de lodos	Bomba de lodos	0,1	1	0,75	0,75
Bombeo de lodos de sedimentación primaria a deshidratador	Bomba de lodos	0,2	1	0,75	0,75
Deshidratación de lodos	Filtro prensa	0,5	1,5	1,12	1,12
ENERGÍA TOTAL POR HORA					20,53

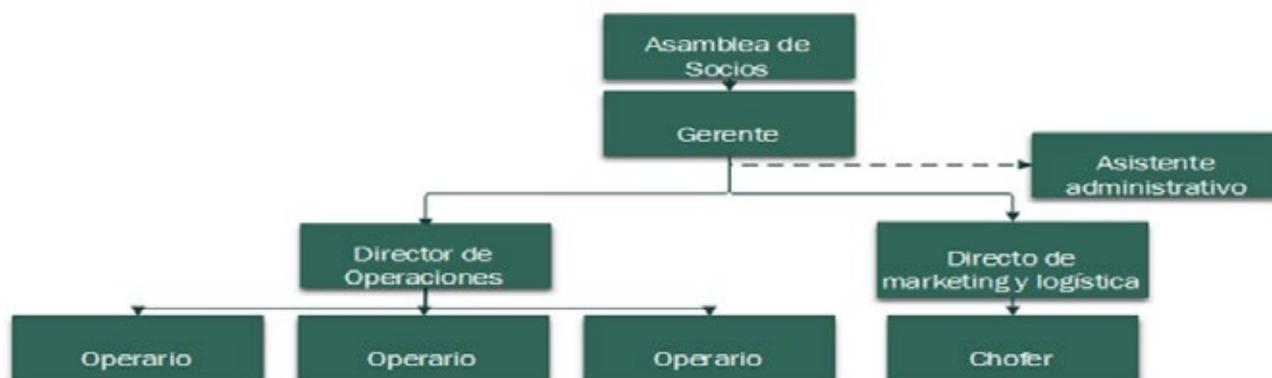
Fuente: Elaboración propia, 2017.

d. Organización administrativa

La estructura de organización es del tipo horizontal funcional y plana, lo cual reduce los rangos jerárquicos en la organización mejorando la comunicación, trabajo conjunto entre los departamentos de la empresa y agiliza la toma

decisiones. La gerencia responde a la asamblea de socios la cual está conformada por la empresa INDUQUIM ODAR, que responde conforme a los aportes de capital social como se establece en el artículo 195 del Código de Comercio (Estado Plurinacional de Bolivia, 2015).

Figura No. 4. Organización administrativa



Fuente: Elaboración propia, 2017.

e. Evaluación económica-financiera

Se determinaron las inversiones, el capital de trabajo, costos financieros y los costos e ingresos del proyecto. Así mismo, se calcularon las operaciones económico-financieras. En la Tabla

No.11 se observa el detalle de las inversiones del proyecto, así también la estructura financiera, se recurrió a un préstamo bancario con una tasa de interés del 7% a pagar en 10 años.

Tabla No. 11. Estructura financiera

Descripción	Aporte Propio	% Aporte Propio	Crédito	% Crédito	TOTAL
Terreno	0,00	0%	22.644	100%	22.644
Construcciones y obras Civiles	5065,95	20%	20.263,80	80%	25.329,75
Equipo y tecnología	5805	30%	13,545	70%	19.350.
Vehículos	0,00	0%	31,500	100%	31.500
Muebles y enseres	1407	100%	0	0%	14.07
Equipos de oficina	1380	100%	0	0%	1380
Activos diferidos	8.440,54	100%	0	0%	8440,54
Capital de trabajo	0	0%	1,099.48	100%	1099,48
Totales	22.098,49		89.052,28		111.150,77

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para determinar los ingresos del proyecto se seleccionó un margen de utilidad del 27%, el estableció un costo unitario del servicio, se detalle se observa en la tabla No.12.

Tabla No. 12. Precio unitario del servicio

Detalle	Monto \$us
Programa	100%
Producción anual (L)	1.795.927
Costos variables (netos)	12.124,30
CV unitario	0,0068
Costo fijo (netos)	72.444,41
CF unitario	0,0403
Costo Unitario total	0,047
Utilidad \$	0,017
Costo + Utilidad	0,065
IUE (25%)	0,0044
Costo + utilidad + IUE	0,070
IVA	0,010
IT	0,0021
Precio \$/litro	0,083

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para determinar la rentabilidad del proyecto se calculó un Tasa de Rentabilidad Mínima Atractiva (TREMA) de 9,58%. “La TREMA corresponde a aquella tasa que se utiliza para determinar el valor actual de los flujos futuros que genera un proyecto y representa la rentabilidad que se le debe exigir

a la inversión por renunciar a un uso alternativo de los recursos en proyectos de riesgos similares” (Ross, et al., 2012).

En la Tabla No.13 se proyectó el flujo de caja operativo desde el punto de vista del inversionista.

Tabla No. 13. Flujo de caja operativo del inversionista

Detalle	0	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Programa		30%	50%	70%	90%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
INGRESOS		44.718,6	74.531	104.343,4	134.155,8	149.061,9	149.061,9	149.061,9	149.061,9	149.061,9	149.061,9	149.061,9	149.061,9	149.061,9	149.061,9	149.061,9
Costos Fijos		37.768,7	80.770,8	80.288	79.771,5	79.218,8	78.627,4	77.994,6	77.317,5	76.593	75.817,8	74.988,3	74.988,3	74.988,3	74.988,3	74.988,3
Costos Variables		4181	6968	9755	12,542	13,936	13,936	13,936	13,936	13,936	13,936	13,936	13,936	13,936	13,936	13,936
Retención IVA		4615	7302	10815	14329	16085	16085	16085	16085	16085	16085	16085	16085	16085	16085	16085
IT		1341,56	2235,93	3130,30	4024,67	2202,54	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Depreciaciones		11.525,80	11.525,80	11.525,80	11.525,80	11.180,80	3192,69	3192,69	3192,69	773,94	773,94	633,24	633,24	633,24	633,24	634,24
UTILIDAD BRUTA		-14270,55	-33208,80	-10108,52	13025,62	28488,46	38283,42	38916,22	39593,31	42736,55	43511,76	44481,93	44481,93	44481,93	44481,93	44480,93
Impuestos IUE (25%)		0,00	0,00	0,00	-3256,40	-7122,11	-9570,85	-9729,05	-9898,33	-10684,14	-10877,94	-11120,48	-11120,48	-11120,48	-11120,48	-11120,23
UTILIDAD NETA		-14270,55	-33208,80	-10108,52	9769,21	21366,34	28712,56	29187,16	29694,98	32052,42	32633,82	33361,45	33361,45	33361,45	33361,45	33360,70
Depreciaciones		11.525,8	11.525,8	11.525,8	11.525,8	11.180,8	3192,7	3192,7	773,9	773,9	773,9	633,2	633,2	633,2	633,2	633,2
Inversión fija	-101.610,75															
Inversión Diferida	-8440,54															
Capital de Trabajo	-1099,48	-684,27	-787,56	-787,56	-393,78											
Valor Residual																43189,20
Prestamos	89.052,28															
Amortizaciones		-6445,38	-6896,56	-7379,32	-7895,87	-8448,58	-9039,98	-9672,78	-10.349,87	-11.074,37	-11.849,57	0	0	0	0	0
Flujo de caja	-22098,49	-9874,40	-29.367,12	-6749,60	13.005,36	24.098,56	22.865,28	22.707,08	22.537,80	21.751,99	21.558,19	33.994,69	33.994,69	33.994,69	33.994,69	77.184,14

Fuente: Elaboración propia, 2017.

1. Tomando en cuenta la TREMA, se calculó un Valor Actual Neto con la ecuación (2):

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+i)^t} - I_0 \quad (2)$$

2. Se determinó la Tasa interna de Retorno con la ecuación (3):

$$0 = \sum_{t=1}^n \frac{BN_t}{(1+r)^t} - I_0 \quad (3)$$

3. La relación beneficio costo con la ecuación (4):

$$B/C = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Y_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{E_t}{(1+i)^t}} \quad (4)$$

4. Retorno sobre la Inversión con la ecuación (5):

$$ROE = \frac{\text{Utilidad neta}}{\text{Capital Total}} * 100 \quad (5)$$

También se calcularon los indicadores de rentabilidad desde el punto de vista del proyecto donde no se toma en cuenta los préstamos. En

la Tabla No. 14 se indican los valores obtenidos desde el punto de vista del inversionista y del proyecto.

Tabla No.14 Indicadores de rentabilidad

Punto de vista	Inversionista	Proyecto
VAN	\$us 80.851,19	\$us 68.724,69
TIR	22%	15,66%
B/C	1,56	1,64

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Para realizar el análisis de sensibilidad, se consideraron las variables de tamaño del proyecto, costos y un efecto combinado de los anteriores mencionados, estos factores se sometieron variaciones de +/- 10%.

entre la variación porcentual del factor, donde un resultado negativo implica una relación inversa, un IS superior a 1 indica una sensibilidad muy alta (Terrazas, 2006).

El Índice de Sensibilidad (IS) se calcula como la variación porcentual de la rentabilidad dividido

En la Tabla No.15 se observan los valores obtenidos:

Tabla No. 15. Análisis de sensibilidad

Efecto	VAN	TIR	B/C	IS (Índice de Sensibilidad)
Valor inicial	\$us 80.851,19	22%	1,56	
Disminución de ingresos (10%)	\$us -21.517,5	7%	1,20	1,50
Aumento de costos (10%)	\$us 14.340,6	11,9	1,29	-1,01
Efecto combinado	\$us -70.270,61	- 2,8%	1,15	-2,20

Fuente: Elaboración propia, 2017.

f. Evaluación económica-social

La evaluación económica social trata de medir el impacto de los proyectos en la sociedad, y para ello se valen de metodologías que han sido estudiadas; una de ellas es la que concierne a la aplicación de razones precio-cuenta o factores de corrección en los precios financieros o de mercado (Terrazas, 2008).

Se obtiene las razones precio-cuenta para Bolivia, provistas por el Viceministerio de Inversión Pública y Financiamiento Externo. Para la obtención de estos precios económicos se utilizó la ecuación (6):

$$\text{Precio cuenta bien}_i = \text{RPC}_i * \text{Precio de mercado bien}_i \quad (6)$$

Los resultados obtenidos son los siguientes:

1. Valor Actual Neto Económico (VANE): El monto del VANE es de \$us 235.562,49.
2. Tasa Interna de Retorno Económico (TIRE): El TIRE obtenido del flujo operativo es de 57%.
3. Relación Beneficio Costo (B/C): La relación B/C desde el punto de vista social obtenida es de 2,34.

El proyecto cuenta con 8 puestos de trabajo, de los cuales, 5 pueden emplearse como personal local. A través de la generación de empleo y el pago de sueldos, el proyecto introduce al año US\$ 62,532.21 a la economía local. El proyecto beneficia a la fuerza laboral de la provincia de Cercado a través de la estabilización de las fuentes de empleo, ya que contribuye a la reducción de los cierres, clausuras y multas a las curtiembres por incumplimiento de la normativa medio ambiental.

g. Evaluación ambiental

Se evaluaron los impactos ambientales en dos fases, construcción y operación de la planta, lo factores ambientales fueron, movimiento de personal y equipos, desbroce y limpieza del lugar, excavaciones y movimientos de tierras, transporte

de materiales, construcción, operación general de la planta, transporte de efluentes líquidos. Los medios evaluados fueron: agua, aire, paisaje, suelos, flora, fauna y el socio-económico.

La mejor herramienta para determinar los impactos son las matrices de relaciones causa-efecto, se han utilizado muchas matrices, pero la más conocida es la Matriz de Leopold (Garmendia, 2005).

Utilizando la Matriz de Leopold se determinaron los impactos positivos tienen un valor de 8/8,6, la magnitud de 8 indica una intensidad alta y afectación media, mientras que la importancia de 8,6 indica una duración media e influencia regional del impacto positivo del proyecto. Los impactos negativos tienen un valor promedio de 2,8/5,08; el valor de 2,8 de la magnitud indica una intensidad baja de los impactos y una afectación media de los mismos, mientras que el valor calculado de 5,08 de la importancia indica una duración media de los impactos y una influencia a nivel local de los mismos.

En la Tabla No. 16 se puede observar las medidas de mitigación propuestas para el proyecto.

Tabla No.16. Medidas de mitigación

Factor ambiental	Impacto ambiental	Medida de mitigación
Agua	a. Calidad del agua afectada por descargas de la planta de tratamiento	a. Controles estrictos de los procesos y de la calidad del agua descargada para evitar impacto negativo sobre este medio
Aire	a. Contaminación por ruido generado por el movimiento de personal, maquinaria de excavación y el funcionamiento de la planta b. Emisión de material particulado a causa del movimiento y la excavación	a. Minimizar al máximo el ruido generado por maquinaria y vehículos controlando correcto funcionamiento de motores y el estado de silenciadores. Alterar las tareas durante la construcción para minimizar la emisión de ruidos b. Organizar el trabajo, las excavaciones y el movimiento de tierras para minimizar el levantamiento de polvo. Regar con agua la zona donde maniobran las maquinas.
Paisaje	a. Deterioro del paisaje natural debido a la interrupción el mismo mediante la limpieza y generación de residuos	c. Evitar el deterioro del paisaje mediante el control y la adecuada gestión de los residuos generados durante la construcción
Suelos	a. Compactación y erosión de suelos b. Contaminación de suelos por derrames de aceite y combustible, compactación de suelos	a. Reducir el uso de maquinaria pesada de forma simultánea para reducir la compactación de suelos. b. Se debe realizar una limpieza inmediata de la zona donde se derrame algún desecho de cualquier tipo, mantener un cuidado y control riguroso en el transporte de insumos y materiales, como en la operación a realizar
Fauna	a. Especies animales se ven amedrentadas debido a la presencia de personas y ruido	a. Realizar un cerco total en toda la zona de trabajo, evitar el ingreso de especies animales y eliminación de fauna. Minimizar los ruidos emitidos por la maquinaria verificando el correcto funcionamiento de los equipos.
Socio-Económico	a. Molestia a la población cercana por presencia ajena.	a. Socializar el proyecto con la población de los alrededores.

Fuente: Elaboración propia, 2017.

DISCUSIÓN

La demanda insatisfecha en el tratamiento de las aguas residuales de curtiembres calculada para el año 2017 fue de 1.935.063,83 litros, para el año 2031 se proyectó una demanda insatisfecha de 3.196.168,78 litros de agua residuales que necesitarán ser tratados.

Se determinaron los procesos de tratamiento de efluentes que se llevaran a cabo en la planta, siendo los siguientes:

- Cribado
- Desulfuración
- Homogenización
- Separación de grasas
- Agitación con adsorbentes
- Regulación de PH
- Coagulación
- Floculación
- Sedimentación
- Aireación
- Clarificación secundaria
- Manejo de los lodos residuales

Tabla No. 17. Comparación tratamiento convencional vs Tratamiento propuesto

Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos	Unidades	Límites máximos permisibles	Valor inicial	Valor final
pH	-	6 a 9	8,91	8,3
Conductividad	µS/cm	--	25455,00	3361
Temperatura	°C	± 5	23	22
Cobre	mg/l	1	0,05	<0,02
Zinc	mg/l	3	0,19	<0,02
Plomo	µg/l	600	<0,02	<0,02
Cadmio	g/l	300	<0,02	<0,02
Cromo Total	mg/l	1	4,71	0,14
Hierro	mg/l	1	1,65	0,03
Sólidos totales	mg/l	--	16952,00	730
Sólidos disueltos	mg/l	--	15644,00	687
Sólidos suspendidos	mg/l	60	1308,00	43
Sólidos Sedimentables	mg/l	--	6,82	<0,10
Grasas y aceites	mg/l	10	10	<2
DBO ₅	mg/l	80	807	11
DQO	mg/l	250	918	99
Nitrógeno orgánico total	mg/l	--	319,69	6,38
Nitrógeno amoniacal	mg/l	4	316,62	1,01
Sulfuros	mg/l	2	44,40	0,02

Fuente: Elaboración propia, 2017.

La empresa INDUQUIM ODAR realizó pruebas de laboratorio en las cuales se analizaron diversos efluentes de curtiembres locales, aplicando los procesos mencionados fue posible obtener resultados positivos. En la Tabla No. 17, se observa el análisis de laboratorio de un efluente con tratamiento convencional realizado por la curtiembre y análisis del efluente tratado mediante el proceso propuesto.

A partir del flujo operativo de caja desde el punto de vista del inversionista se calculó un VAN de US\$ 80.851,19, lo que indica que el proyecto es rentable, después de recuperar la inversión existe una ganancia equivalente a dicho monto. La TIR desde el punto de vista del inversionista, es de 22%, al ser superior a la TREMA indica que el proyecto presenta rentabilidad. La Relación B/C es de 1,56, esta relación indica que, por cada dólar invertido, se obtiene una ganancia de US\$ 0,56. El periodo de recuperación del capital indica que el proyecto recupera el capital invertido en el año 11 de funcionamiento. El ROE calculado es de 263,2%, lo que indica que en términos contables el proyecto es rentable.

Desde el punto de vista del proyecto, se obtuvo un VAN de US\$ 68.724,69, lo que indica que, una vez recuperada la inversión, se tiene una ganancia equivalente a este monto. La TIR desde el punto de vista del proyecto es de 15,66%, la cual al ser mayor a la TREMA, indica que el proyecto es rentable desde este punto de vista. La Relación B/C, tiene un valor de 1,64, lo que indica que por cada dólar invertido se generan US\$ 0,64 de ganancia.

Se aplicaron los factores de corrección provistos por el Viceministerio de Planificación y Finanzas Públicas para la obtención del flujo operativo económico del proyecto. El VANE calculado es de US\$ 235.562,49, lo que significa que el proyecto

es rentable y una vez recuperada la inversión deja un retorno equivalente a este monto. La TIRE calculada es de 57%, al ser mayor que la tasa social de descuento (12,67%) indica que el proyecto tiene rentabilidad. La relación B/C calculada es de 2,34 esta relación indica que por cada dólar invertido en el proyecto se obtiene un retorno adicional de US\$ 1,34.

El proyecto contribuye con la generación de empleo directo a nivel local, aporta con 8 puestos de trabajo directos, de los cuales 5 pueden ser personal de la zona por no requerir un nivel de capacitación alto. También se beneficia con la estabilización y generación indirecta de fuentes de empleo, ya que el proyecto contribuye a la continuidad de la operación de las curtiembres de la provincia de Cercado, evitando cierres, clausuras y multas por incumplimiento de la normativa ambiental lo cual genera inestabilidad laboral.

En cuanto a la evaluación ambiental, se puede concluir que el impacto positivo en el entorno del proyecto tiene mayor importancia y da un mayor respaldo a la implementación del mismo.

CONCLUSIONES

Se concluye que el proyecto es factible, debido a que los indicadores de rentabilidad son positivos desde el punto de vista del proyecto y desde el punto de vista del inversionista. A pesar de que el análisis de sensibilidad mostró que el proyecto es sensible a variaciones de ingresos y altamente sensible a variaciones de costos, el proyecto se justifica debido a la flexibilidad del proceso, ya que es capaz de diversificar el servicio a otras industrias como fábricas de jeans que presentan una problemática similar, mataderos que muchos no cuentan con plantas de tratamiento de efluentes residuales. Adicionalmente es posible extender el servicio fuera de la Provincia Cercado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Claros, L. (18 de febrero de 2019). El río Rocha está contaminado con 15 metales y 37 pesticidas. Los Tiempos. Recuperado de: <https://www.lostiempos.com/actualidad/cochabamba/20190518/rio-rocha-esta-contaminado-15-metales-37-pesticidas>
- Garmendia, A., Salvador, A., Crespo, C. y Garmendia, L. (2005). Evaluación de impacto ambiental. Madrid, España, Pearson.
- Gobierno Autónomo Municipal de Cochabamba. (2008). Proyecto Gestión Integral del Río Rocha. Recuperado de: http://www.cochabamba.gob.bo/public/docs/medioambiente/proyectos/proy_rio_rocha.pdf.
- Ministerios de Desarrollo Productivo y Economía Plural, (2012-2020). Fase 2 industrialización: Complejo 11 Complejo cueros. La Paz, Bolivia. SIIP. Recuperado de https://siip.produccion.gob.bo/repSIIP2/formulario_produccion.php?com=11&fac=2&amb=1
- Ross, Stephen, Westerfield, R., & Jaffe, J. (2012). Finanzas corporativas. Mexico D.F., México, McGraw Hill.
- Taha, H. (2012). Investigación de operaciones. Naucalpan de Juárez, Mexico. Pearson.
- Terrazas, R. (2006). Preparación y evaluación de proyectos: Un enfoque sistémico e integral. Cochabamba, Bolivia.
- UNIDO. (2011). Introduction to treatment of Tannery Effluents: What every tanner should know about effluent treatment. Recuperado de: <https://www.unido.org/>
- Universidad Santiago de Compostela (2007). Producción limpia en la industria de curtiembre.
- Vega, C. (Julio de 2015). Se batió récord en exportaciones. Cuero Noticias, pág. 1.

Derechos de Autor (c) 2020 Ronald Ortega Gantier.



Este texto está protegido por una licencia [Creative Commons 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Usted es libre para Compartir —copiar y redistribuir el material en cualquier medio o formato— y Adaptar el documento —remezclar, transformar y crear a partir del material— para cualquier propósito, incluso para fines comerciales, siempre que cumpla la condición de:

Atribución: Usted debe dar crédito a la obra original de manera adecuada, proporcionar un enlace a la licencia, e indicar si se han realizado cambios. Puede hacerlo en cualquier forma razonable, pero no de forma tal que sugiera que tiene el apoyo del licenciante o lo recibe por el uso que hace de la obra.

[Resumen de licencia - Texto completo de la licencia](#)