



UNIVERSIDAD APEC

DECANATO DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN GERENCIA Y PRODUCTIVIDAD

TRABAJO FINAL O TESIS (MGP-605-0)

Desarrollo de un proyecto de ahorro de agua en una planta textil en el sector de zonas francas

Presentado por:

Ana Ibete Rodríguez

A00104405

Profesor:

M. Sc. Fidias Augusto Mejía

Santo Domingo de Guzmán, D. N.

Agosto de 2021.

Desarrollo de un proyecto de ahorro de agua en una planta textil en el sector de zonas francas

Tabla de Contenido

Introducción	3
Resumen ejecutivo	1
Capítulo I. Evolución de los parques de zona franca	2
I.1 Algunas Definiciones de Zona Franca	2
I.2 Objetivos y ventajas de una zona franca	3
I.3 Tipos de zona franca industrial	4
I.4 Historia de las zonas francas	6
I.4.1 Historia de las zonas francas en república dominicana	10
I.5 Historia de las Zonas francas textiles	13
I.5.1 Industria textil preindustrial	13
I.5.2 Revolución industrial y textiles	16
I.5.3 Líder mundial	20
I.5.4 Desarrollos tecnológicos en textiles	21
I.5.5 Inventos clave	24
I.5.7 Las primeras fábricas y aumento del sistema de fabricas	33
Capitulo II: Importancia del recurso Agua dentro de las zonas francas	40
II.1 Consumo de agua a nivel mundial	40
II.2 Consumo de agua en la industria de manufactura	49
II.3 Consumo de agua en la industria textil	55
Capitulo III: Desarrollo del proyecto de ahorro de agua	61
III.1 Introducción del proyecto	61
III.2 Datos históricos	62
III.3 Project Charter del Proyecto	64
III.4 Pruebas y resultados	65
Conclusiones y recomendaciones	68
Bibliografía	70
Anexos	72
Anexo 1. Anteproyecto	72

Introducción

La siguiente investigación aborda la realización de un proyecto de disminución de consumo de agua en una planta textil en el sector de zona francas, la misma pretende presentar una vista general de cómo trabajan las plantas textiles y cuál es su consumo promedio de agua.

La característica principal una planta de textiles es su alto consumo de agua para el proceso de producción de prendas y la necesidad que ella presenta de tratar toda esta agua residual luego del proceso textil.

Para analizar esta problemática se toma en cuenta estudios, libros e investigaciones sobre esta industria y se presentan datos de consumo promedio de agua para la industria, además durante el proceso de investigación se estará viendo la manera en que se realizará este proyecto y los resultados esperados. Dentro de este trabajo se estarán viendo las definiciones de zonas francas, los tipos de zonas francas, la historia de las zonas francas textiles, la importancia del recurso agua dentro de las zonas francas, cual es el consumo de agua a nivel mundial, cual es el consumo de agua promedio en una industria textil y se estará viendo a detalle los datos del proyecto para reducción de consumo de agua.

Resumen ejecutivo

Las empresas textiles desde la antigüedad hasta el día hoy han sido empresas de alto consumo de recursos, como son: químicos, electricidad, colorantes, agua y vapor. Las empresas actuales necesitan un mejor uso de sus recursos para asegurar su continuidad en el tiempo y dentro de los recursos más importantes usados en ellas, está el agua.

El siguiente trabajo trata de un proyecto para la reducción de consumo de agua en los procesos textiles y busca la eficientización de los procesos para lograr el consumo de agua óptimo en el proceso textil y lograr una disminución del consumo del agua sin afectar los parámetros de calidad requeridos por nuestros clientes. Logrando también una mejora en los costos de agua de consumo y de tratamiento de agua residual.

Capítulo I. Evolución de los parques de zona franca

I.1 Algunas Definiciones de Zona Franca

Con el ánimo de iniciar las exportaciones e importaciones, acrecentar la creación de empresas y mejorar las condiciones de vida de la población, algunos países han establecido algunos mecanismos económicos, entre los cuales están el de las Zonas Francas.

Para comprender de manera sencilla que involucra el concepto de Zona Franca, se tendrá en cuenta, algunas definiciones de los expertos en la materia:

“Las Zonas Francas componen una extraterritorialidad aduanera y fiscal, que busca la libertad económica y las inversiones para crear mano de obra y la mayor actualización tecnológica posible. Muchos investigadores consideran que las zonas francas pueden constituirse en verdaderos laboratorios de política industrial, cuyos resultados pueden ser luego trasladados a escala nacional.”

Una Zona Franca es un área definida dentro del territorio nacional. Allí se llevan a cabo actividades comerciales o industriales de bienes o servicios. Debe regirse bajo una normativa especial que debe tener en cuenta las direcciones en materia aduanera, tributaria y de comercio extranjero.

Los objetivos más comunes al establecer una zona franca están afines con la promoción y el progreso de las regiones, volviéndolas más competitivas. Al promover las exportaciones, crean empleos, atraen inversión extranjera, logran un avance en la tecnología desarrollando procesos industriales, que sean competitivos y a su vez productivos contando con una producción limpia, implementando buenas prácticas industriales y teniendo en cuenta las nociones de seguridad y transparencia.

I.2 Objetivos y ventajas de una zona franca

Las Zonas francas, fueron utilizadas como una herramienta económica estratégica destinada principalmente a promover las importaciones y exportaciones de las empresas existentes, que las empresas extranjeras vieran una oportunidad de extender sus mercados estableciéndose en un nuevo país y también para estimular a la creación de nuevas empresas por parte de los emprendedores locales.

Con la creación de nuevas empresas y el arribo de extranjeras, se da la oportunidad de tener una mejor y más calificada mano de obra mediante la capacitación y la experiencia adquirida en los empleos que se formen en las zonas francas, incentivando a la población de las zonas aledañas a prosperar para contribuir al desarrollo de la región y del país.

De igual manera las Zonas Francas tienen como objetivo suscitar la integración de los países limítrofes atrayendo la inversión extranjera y contribuyendo a la generación de ingreso de divisas. De este modo la economía nacional puede más fácilmente enlazarse con economías internacionales de gran escala.

Con las Zonas Francas se beneficiaron aquellos emprendimientos que entrelazaron tecnologías funcionales de avanzada a sus procesos productivos.

Algunas de las ventajas de las zonas francas son que: las mercancías que entran a la Zonas Francas están exentas de impuestos y tampoco requieren trámites de nacionalización, ya que, una vez colocadas allí, se consideran fuera del territorio nacional. Operar en una zona franca posee ventajas financieras, tributarias, legales y logísticas.

I.3 Tipos de zona franca industrial

La primera y más simple clasificación de las Zonas Francas es la siguiente:

- Mediterráneas: aquellas que no tienen salidas a las vías de agua o marítimas.
- Marítimas: son las que se localizan en un puerto, y el tráfico comercial en la zona ha de ser activo.

Por otro lado, se pueden clasificar en:

- Comerciales: Consignadas al almacenamiento, importación, exportación, distribución, etc. de las mercancías como carga frecuente o en contenedores por puertos aéreos, marítimos o terrestres.
- Industriales: Los insumos ingresados que allí entran están libres del pago de impuestos, y son transformados (de ser necesario) o perfeccionados para ser introducidos a la industria nuevamente.

“Las clases de zonas francas industriales son:

Zona franca industrial de bienes y servicios: tiene por objetivo vital promover y desarrollar el proceso de industrialización de bienes y de prestación de servicios, consignados a mercados externos y de manera subsidiaria al mercado nacional.

Zona franca industrial de servicios turísticos: su objetivo esencial es motivar la prestación de servicios de la actividad turística -alojamiento, agencias de viajes, restaurantes, servicios de transporte; etcétera-, insinuados al turismo receptivo y de manera subsidiaria al nacional.

Zona franca industrial de servicios tecnológicos: deben promover y desarrollar un **mínimo de diez** empresas de base tecnológica, cuya producción se predestine al mercado internacional y de manera subsidiaria al nacional.

Por otra parte, las zonas francas comerciales son aquellas que se pueden definir como bodegas de almacenamiento de mercancías para una futura comercialización.

- **Zona Empresarial Especial:** es un instrumento muy flexible de transformación urbana y, por lo tanto, de utilidad para un consorcio financiero, compañías constructoras, o desarrollistas inmobiliarios, (ej.: Liverpool, Manchester).
- **Zona Económica Especial:** es un concepto utilizado para designar un área geográfica bajo condiciones económicas especiales -que la diferencian del resto del territorio- donde las empresas privadas y las inversiones extranjeras son acreditadas a localizarse, gozando de algunas prerrogativas especiales, como la exención de impuestos. El concepto de zonas económicas especiales fue utilizado en China desde 1978 y más recientemente está siendo utilizado por países de Europa del Este.
- **Zonas de Servicios Financieros:** fueron pensadas para actividades financieras extraterritorial; especialmente para cautivar bancos, firmas contables, compañías de transporte por vía marítima, compañías de seguros y reaseguro y demás servicios. Las multinacionales acuden a estas zonas para consolidar cuentas y disminuir las obligaciones impositivas en el país de origen.
- **Zonas de Comercio Exterior:** Este concepto es utilizado por los Estados Unidos de América. Allí, alrededor del 70% de los productos que pasan a través de las zonas estadounidenses han tenido destino el mercado interno, con lo que son zonas de importación, como definición principal, no obstante, en los últimos años se observan allí.
- **Zonas de Procesamiento de Exportaciones:** Fueron desarrolladas para acrecentar las exportaciones de un país o una región, forjando fuentes de trabajo e ingreso de divisas (ej. Shannon, Masan, Katunayake...).

I.4 Historia de las zonas francas

Las Zonas Francas se pueden encontrar en la historia desde hace más de dos mil años. El imperio romano fue el primero en utilizar la práctica de este sistema económico de comercio. Muchas ciudades en el mediterráneo necesitaban este tipo de comercio para su existencia. Al aumentar las actividades comerciales entre potencias y sus colonias que se hallaban a largas distancias, se empezó a utilizar un mecanismo económico y financiero, el cual consistía en la acumulación de mercancías con el fin de que fueran mercadeadas en los distintos mercados.

Las civilizaciones Sumerias y Acadis, en el año 2500 A.C, manejaron zonas libres de comercio similares. El primer país en acoger el sistema de zona franca fue Italia en 1547 al tener el primer puerto franco, Livorno.

“El concepto de Zona Franca se remonta a la Edad Media, cuando pueblos bálticos y asiáticos comenzaron a emplear el concepto de puerto libre. Este sistema **propició** lugar a grandes centros de almacenes para la comercialización de productos procedentes de diversas regiones. Los puertos libres prometían ciertas ventajas aduaneras y facilidades de comercialización, al garantizar un bodegaje apropiado y un mejor acceso a los medios de transporte de la época. Dado que el transporte marítimo era el método que imperaba, las Zonas Francas se localizaron en sus inicios cerca de los puertos, pero según diversos tipos de transporte internacional fueron alcanzando mayor importancia, las Zonas Francas se fueron estableciendo también alrededor de aeropuertos y áreas fronterizas.”

En los siglos XIX y comienzos del XX, las zonas francas se popularizaron rápidamente por Europa. Al finalizar la segunda guerra mundial, el comercio internacional tomó fuerza y se fortificó, resultado de esto fueron las zonas de libre comercio en lugares claves de rutas internacionales por todo el mundo. Un ejemplo clave de estas zonas francas podría ser, como la más importante la zona franca de Colón en Panamá.

“A finales de la década de los cincuenta, una nueva forma de zona franca fue captando notoriedad no tanto por el aspecto del comercio, sino para generación de empleo que se estaba dando y por el progreso de las exportaciones de manufacturas. La primera zona de esta manera fue originada en Irlanda, Shannon en 1959. Esta operó en un momento concluyente y como un piloto en el desarrollo posterior de las zonas francas.

Alcanzando el éxito alcanzado por Shannon, se desarrollaron otras áreas de exportación en otros lugares; los más importantes ejemplos son la de KAOSHIUNG en Taiwán establecida en 1960. BATAAN en las Filipinas y MASAN en Corea se establecieron en los primeros años de la década de los setenta”.

La importancia alcanzada por las Zonas Francas y los beneficios que creaban en los países donde estaban presentes, dieron paso para iniciar una oferta de estímulos económicos especiales, que generaran atracción a nuevos mercados nacionales para así volverse más productivos.

Es imposible desconocer como en estos últimos tiempos las tecnologías de información y comunicaciones (TIC'S) han tenido un alto grado de importancia en la sociedad, sobre todo porque las nuevas generaciones tienen un interés innato por la innovación y el conocimiento.

Este interés por encontrar nuevas cosas y cambiar o mejorar las que ya existen ha llevado a la creación desbocada de nuevas empresas, algunas no sobreviven en el mercado por considerable tiempo, pero otras por su inmensa innovación y excelentes estrategias logran permanecer.

Creando en el mercado una necesidad de cambio, por lo que día a día las empresas están obligadas a generar nuevas formas de hacer negocios para no salir del mercado cómodamente dado el nivel de competencia que se presenta.

Como resultado de las nuevas formas de hacer negocios se han creado cambios en la en la organización de los mercados cambiando el concepto tradicional de la competitividad. “La OEA, desde 1956 viene sugiriendo en diferentes conferencias portuarias interamericanas que se incite el desarrollo de puertos libres o zonas francas como centros de distribución, en lugares que tienen que ser predilectos por su lugar geográfico, como por los medios de comunicación.

Las zonas francas emplazadas en el período de los años 70 establecieron una modificación a la tradicional división internacional del trabajo (que entre otras cosas establecía la especialización entre países fabricantes de materias primas y países fabricantes de bienes manufacturados). En esa época se hallaban los aparatos industriales de E.E. U.U., Europa y Japón en los puntos más bajos de producción y en una etapa de estancamiento.

Por ello se empezaron a instalar zonas francas de procesamiento –orientadas a la exportación- y zonas francas financieras, para poder generar movimiento de capitales. Se buscaba fabricar productos de gran variabilidad y elasticidad de la demanda (juguetes, art. electrónicos, textiles, etc.)”

Una de las Zonas Francas más amplias en el mundo está en América Latina, es la Zona Franca de Colón, en Panamá.

En Colombia, en 1959 se instituyó en Barranquilla la primera Zona Franca, ingresando en funcionamiento el 5 de octubre de 1964, lo que convertiría a esta ciudad en pionera, en ostentar una Zona Franca de categoría industrial y comercial, a nivel internacional.

Actualmente, se conocen más de 2.500 zonas francas, y su número ha venido en crecimiento especialmente en los países industrializados o los que se encuentran en vías de desarrollo. Entre los cuales están: Corea del Sur, Hong Kong, Taiwán y Singapur.

“Según la Asociación Latinoamericana de Zonas Francas, en 1992 los Estados Unidos tenían 326 zonas, Europa 105, América Latina y el Caribe 124 -por ejemplo, República Dominicana cuenta con 32 zonas francas, la mayor parte privadas, con un empleo aproximado de 150 mil personas y Costa Rica quince zonas francas privadas y 70 mil empleos-, África 36, el Lejano Oriente 78, y el Medio Oriente 18.”

Las zonas francas pueden ser marítimas cuando está en un puerto o mediterráneas, si se encuentra en el interior o en tierra firme. Uno de los requerimientos necesarios para su operatividad, es la existencia de un tráfico comercial activo y eficiente.

I.4.1 Historia de las zonas francas en república dominicana

De acuerdo con la página del consejo Nacional de Zonas francas de exportación (Consejo Nacional de Zonas Francas de Exportacion, n.d.). La historia de las mismas en república dominicana es como sigue:

De acuerdo al (Consejo Nacional de Zonas Francas de Exportacion, 2020): “Las Zonas Francas Industriales iniciaron su desarrollo en la República Dominicana en el año 1969 con la creación de una Zona Franca Industrial en la ciudad de La Romana, la cual fue fundada por la empresa transnacional Gulf and Western Américas Corporation, que estaba operando fundamentalmente en el sector azucarero.

No es una casualidad que la administración y el desarrollo de esa primera Zona Franca Industrial estuvieron al mando de por una entidad transnacional, pues no contabamos en el país el conocimiento y tampoco la experiencia sobre este tipo de desarrollo industrial que promovía la atracción de inversiones.

La segunda Zona Franca Industrial apareció en el año 1972, en la provincia de San Pedro de Macorís, con la ayuda del sector público mediante la Corporación de Fomento Industrial (CFI), entidad descentralizada del Estado que fue delegada de su administración y operación.

En 1973 apareció la Zona Franca Industrial de Santiago de los Caballeros. Concretada por Decreto Nacional, es diferente de la zona franca de San Pedro de Macorís porque la administración y operación de esta fueron apoderadas en una corporación sin fines de lucro, fundada al efecto y bajo la dirección de un grupo de empresarios de la región.

A partir del año 1973 las tres Zonas Francas que estaban hasta el momento comienzan a crecer de manera continua. Es así como en la década de 1973 hasta 1983, las empresas instituidas pasaron de 15 a 101.”

El auge de la demanda de naves industriales persistió con mayor intensidad durante los años 1986, 1987 y 1988, cuando la República Dominicana registró el proceso de instalación de las zonas francas más significativas en el área del Caribe y Centroamérica, superando a todas las naciones del área.

También según el (Consejo Nacional de Zonas Francas de Exportacion, 2020): “Para el año 1984, las autoridades económicas toman el laudo de desertar el control de cambio extranjero y caminar hacia una tasa cambiaria regida por un mercado libre que entró en pleno vigor en el año 1985. En ese mismo año, entra en actividad La Iniciativa para la Cuenca del Caribe (ICC), programa implementado por el gobierno de los Estados Unidos, a través del cual se le confieren tratamientos arancelarios preferenciales a los productos procedentes de los países de la región del Caribe y Centroamérica.” (Consejo Nacional de Zonas Francas de Exportacion, n.d.)

Al día de hoy, la República Dominicana tiene uno de los programas de zonas francas más exitosos y dinámicos en toda el área de Centroamérica y el Caribe. Dicho programa ha manifestado ser una alternativa efectiva y rentable para las empresas extrajeras, principalmente por la cercanía del país a los Estados Unidos.

Estos centros de producción admiten que compañías extranjeras y locales logren establecer operaciones y se beneficien de incentivos impositivos y de facilidades de importación. En la actualidad operan en el país un total de 68 parques de zonas francas, dispersos en todo el territorio nacional, los cuales alojan alrededor de 645 empresas y aportan más de 160,000 empleos.” (Consejo Nacional de Zonas Francas de Exportacion, 2020)

La actividad que principalmente se ha desarrollado dentro de las zonas francas es la confección textil, encontrándose nuestro país entre los primeros en volúmenes de

exportación de este renglón al mercado de los Estados Unidos. Otras actividades de importancia son: la fabricación de calzados, producción de joyas, ensamblaje de componentes electrónicos, productos médicos, procesamiento de tabaco, telecomunicaciones, entre otras.

I.4.2 Conceptos de zona franca, evolución de los parques de zona franca en RD, aporte al producto interno bruto. (Poner el número de apartado designado por mí)

Las zonas francas en República Dominicana están regidas por el Consejo Nacional de Zonas Francas que según su página web (Consejo Nacional de Zonas Francas de Exportación, 2020) dice:

Consejo Nacional de Zonas Francas de Exportación

El Consejo Nacional de Zonas Francas de Exportación es una entidad gubernamental creada mediante la Ley 8-90 e integrado por representantes de los sectores públicos y privados cuya función principal es trazar una política integral de impulso y desarrollo del sector de zonas francas. Además de reglamentar y utilizar la Ley 8-90 sobre dicho sector en la República Dominicana.

Misión

Impulsar la ampliación y desarrollo del sector zonas francas, mediante la promoción y atracción de nuevas inversiones.

Visión

Ser reconocido como cabecilla regional de las zonas francas, con acciones encauzadas hacia el fortalecimiento de la competitividad e impulsando el incremento de las exportaciones.

Valores

Liderazgo.

Integridad.

Transparencia.

Excelencia en el servicio.

Innovación.

I.5 Historia de las Zonas francas textiles

I.5.1 Industria textil preindustrial

(Candela, 2010) “Antes del siglo XVII, la elaboración de bienes se efectuaba en una escala limitada por trabajadores individuales, usualmente en sus propias instalaciones. Las mercancías eran trasladadas por todo el país por pañeros que llegaban al pueblo con sus trenes de caballos de carga. Algunos se confeccionaron en ropa para personas que vivían en la misma zona y se exportó una gran cantidad. A inicios del siglo XVIII, los artesanos estaban ideando formas de ser más productivos. Seda, lana, fustán (pañó con urdimbre de lino y trama de algodón), y el lino fue eclipsado por el algodón, que se estaba convirtiendo en el textil más importante. Esto sentó las bases para los cambios.”

A principios del siglo XVIII, el gobierno británico aprobó dos leyes Calicó para proteger a la industria nacional de la lana de las crecientes cantidades de tela de algodón importada de sus competidores en la India. Al inicio de la Revolución Industrial, el hilado y el tejido todavía se eran realizados en los hogares, para el consumo interno y como industria artesanal bajo el sistema de producción. Algunas veces el trabajo se realizaba en el taller de un maestro tejedor. Según el régimen de producción, los trabajadores a domicilio producían con contrato con los comerciantes, que regularmente suministraban las materias primas. Fuera de temporada, las mujeres, habitualmente las esposas de los agricultores formaban el hilado y los hombres tejían. Empleando la rueca, se necesitaron de cuatro a ocho hilanderos para proveer un telar manual.

Imagen 1.1

Telar



Fuente: CurioSfera-Historia.com

La principal industria británica a inicios del siglo XVIII era la producción de textiles fabricados con lana de las grandes áreas de cría de ovejas en las Midlands y alrededor de todo el país (creando como consecuencia la limpieza de tierras y el cercado). Se trataba de una actividad intensiva en mano de obra que proporcionaba empleo en toda Gran Bretaña, con centros importantes en West Country, Norwich y alrededores, y West Riding of Yorkshire. El comercio de exportación de productos de lana simbolizó más de una cuarta parte de las exportaciones británicas durante la mayoría del siglo XVIII, multiplicándose entre 1701 y 1770. Las exportaciones de la industria del algodón, centrada en Lancashire, se multiplicaron por diez durante este tiempo, pero aún representaron solo un décimo del valor del comercio de la lana.

I.5.2 Revolución industrial y textiles

A partir de la última parte del siglo XVIII, hubo una transición en partes del trabajo manual y la economía basada en animales de tiro de Gran Bretaña hacia la fabricación basada en máquinas. Inicio con la mecanización de las industrias textiles, la mejora de técnicas de fabricación de hierro y la ampliación del uso de carbón refinado. El crecimiento del comercio fue viable gracias a la introducción de canales, carreteras mejoradas y ferrocarriles. Las fábricas consiguieron que miles de personas que trabajaban con baja productividad en agricultura empezaran a trabajar en trabajos de alta productividad en la ciudad.

Los textiles han sido identificados como catalizadores de los cambios tecnológicos y, por lo tanto, no se puede subestimar su importancia durante la Revolución Industrial. La utilización de la energía del vapor incitó la demanda de carbón. La solicitud de maquinaria y rieles incitó la industria del hierro. La solicitud de transporte para mover la materia prima hacia adentro y los productos terminados incitó el crecimiento del sistema de canales y (después de 1830) el sistema ferroviario. La introducción de la energía de vapor impulsada especialmente por carbón, el uso más amplio de ruedas hidráulicas y maquinaria motorizada en la fabricación de textiles respaldaron los aumentos dramáticos en la capacidad de producción. El desarrollo de máquinas herramienta completamente de metal en las dos primeras décadas del siglo XIX ayudo a la fabricación de más máquinas de producción para la fabricación en otras industrias.

Los efectos se ampliaron por Europa Occidental y América del Norte durante el siglo XIX, y finalmente impresionaron a la mayor parte del mundo.

La creación de la lanzadera volante por John Kay admitió tejer telas más anchas más rápido, pero también creó una demanda de hilo que no podía satisfacerse. Así, los avances primordiales tecnológicos asociados con la Revolución Industrial estuvieron afines con el hilado. James Hargreaves creó la Jenny giratoria, un dispositivo que podía realizar el trabajo de varias ruedas giratorias. Sin embargo, aunque este invento podría operarse a mano, el armazón de agua, inventado por Richard Arkwright, podría ser accionado por una rueda hidráulica. A Arkwright se le imputa la introducción generalizada del sistema de fábricas en Gran Bretaña y es el primer modelo de empresario e industrial exitoso en la historia británica. Aun así, el marco de agua pronto fue sustituido por la mula giratoria (un cruce entre un marco de agua y una Jenny) creada por Samuel Crompton. Más tarde se construyeron mulas en hierro.

Imagen I.1

Lanzadera Volante



Fuente: <https://www.preceden.com/> 1

En un período vagamente datado desde la década de 1770 hasta la de 1820, Gran Bretaña experimentó un proceso acelerado de cambio económico que transformó una economía en gran parte agraria en la primera economía industrial del mundo. Los cambios fueron de largo alcance e indelebles en muchas áreas de Gran Bretaña, y de manera eventual afectaron al mundo entero.

La máquina de vapor se concibió y se convirtió en una fuente de energía que rápidamente superó las cascadas y los caballos de fuerza. La primera máquina de vapor fue inventada por Thomas Newcomen y se utilizó para bombear agua de las minas. James Watt creó una máquina de vapor mucho más potente. Tenía un motor alternativo capaz de impulsar maquinaria. Las primeras fábricas textiles impulsadas por vapor

comenzaron a aparecer en el último cuarto del siglo XVIII, contribuyendo en gran medida a la aparición y rápido crecimiento de las ciudades industriales.

El avance del comercio textil rápidamente superó los suministros originales de materias primas. A principios del siglo XIX, el algodón estadounidense importado había sustituido a la lana en el noroeste de Inglaterra, aunque la lana seguía siendo el principal textil en Yorkshire.

Un grado de desarrollo económico sin precedentes no se sustentaba exclusivamente en la demanda interna. La aplicación de la tecnología y el sistema de fábrica crearon los niveles de producción en masa y rentabilidad que permitieron a los fabricantes británicos exportar telas y otros artículos económicos a todo el mundo. La posición de Gran Bretaña como el comerciante más notorio del mundo ayudó a financiar la investigación y la experimentación. Además, algunos han enfatizado la importancia de los recursos naturales o financieros que Gran Bretaña obtuvo desde sus muchas colonias en el extranjero o que las ganancias del comercio de esclavos británico entre África y el Caribe ayudaron a promover la inversión industrial.

I.5.3 Líder mundial

Después de 1840, Gran Bretaña abandonó el mercantilismo y comprometió su economía con el libre comercio con pocas barreras o aranceles. Esto fue más evidente en la derogación en 1846 de las Leyes del Maíz, que imponían fuertes aranceles a los cereales importados. El propósito de estas leyes era abrir el mercado británico a una competencia sin restricciones, los precios de los cereales cayeron y los alimentos se volvieron más abundantes.

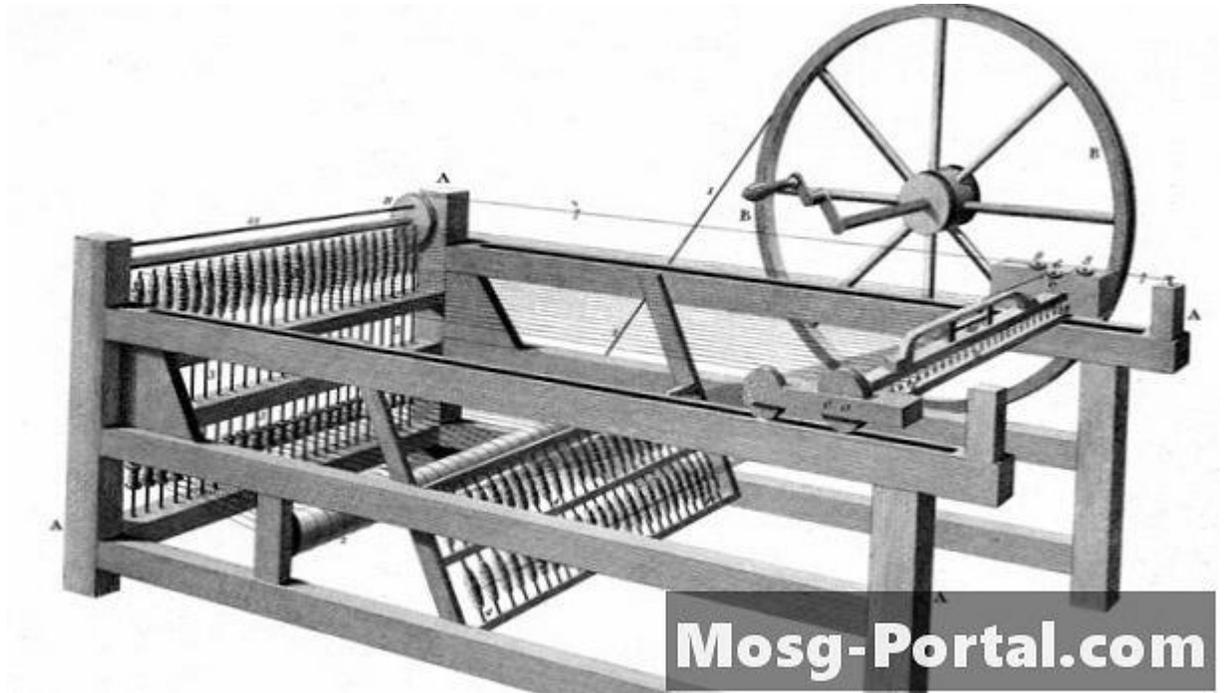
De 1815 a 1870, Gran Bretaña cosechó los beneficios de ser la primera nación moderna e industrializada del mundo. Los británicos describieron fácilmente a su país como "el taller del mundo", lo que significa que sus productos terminados se producían de manera tan eficiente y barata que a menudo podían vender productos de fabricación local comparables en casi cualquier otro mercado. Si las condiciones políticas en un mercado extranjero en particular fueran lo suficientemente estables, Gran Bretaña podría dominar su economía solo a través del libre comercio sin recurrir al gobierno formal o al mercantilismo. En 1820, el 30% de las exportaciones de Gran Bretaña iban a su Imperio, aumentando lentamente hasta el 35% en 1910. Aparte del carbón y el hierro, la mayoría de las materias primas tenían que importarse, por lo que, en la década de 1830, las principales importaciones eran (en orden): algodón en rama (del sur de Estados Unidos), azúcar (de las Indias Occidentales), lana, seda, té (de China), madera (de Canadá), vino, lino, pieles y sebo. Para 1900, la participación mundial de Gran Bretaña se disparó al 22,8% de las importaciones totales. En 1922, su participación mundial se disparó al 14,9% de las exportaciones totales y al 28,8% de las exportaciones de manufacturas.

I.5.4 Desarrollos tecnológicos en textiles

La industria textil británica desencadenó una tremenda innovación científica, que dio como resultado inventos clave como la lanzadera voladora, la Jenny giratoria, el marco de agua y la mula giratoria. Estos mejoraron enormemente la productividad e impulsaron nuevos avances tecnológicos que convirtieron los textiles en una industria completamente mecanizada.

Imagen 1.3

Jenny Giratoria



Fuente: Mosg-portal.com 1

Durante la segunda mitad del siglo XVII, las fábricas recién establecidas de East India Company en el sur de Asia comenzaron a producir artículos acabados de algodón en cantidad para el mercado del Reino Unido. Las prendas de percal y chintz importadas compitieron y sustituyeron a los productos de lana y lino autóctonos. Eso dio lugar a que los tejedores, hilanderos, tintoreros, pastores y agricultores locales solicitaran al Parlamento que se prohibiera la importación y luego la venta de artículos de algodón tejido. Finalmente alcanzaron su objetivo mediante las leyes Calicó de 1700 y 1721. Las leyes obstaculizaron la importación y luego la venta de productos acabados de

algodón puro, pero no restringieron la importación de algodón en rama o la venta o producción de fustán.

La exención del algodón en rama de la Ley Calicó de 1721 supuso la importación anual de 2.000 fardos de algodón de Asia y las Américas y formó la base de una nueva industria autóctona, que inicialmente producía fustán para el mercado nacional. Sin embargo, lo que es más importante, desencadenó el desarrollo de una serie de tecnologías mecanizadas de hilado y tejido para procesar el material. Esta producción mecanizada se agrupó en nuevas fábricas de algodón, que se propagaron lentamente. A principios de la década de 1770, se importaban anualmente 7.000 fardos de algodón. Los propietarios de las nuevas fábricas presionaron al Parlamento para que eliminara la prohibición de la producción y venta de telas de algodón puro, ya que ahora podían competir con el algodón importado.

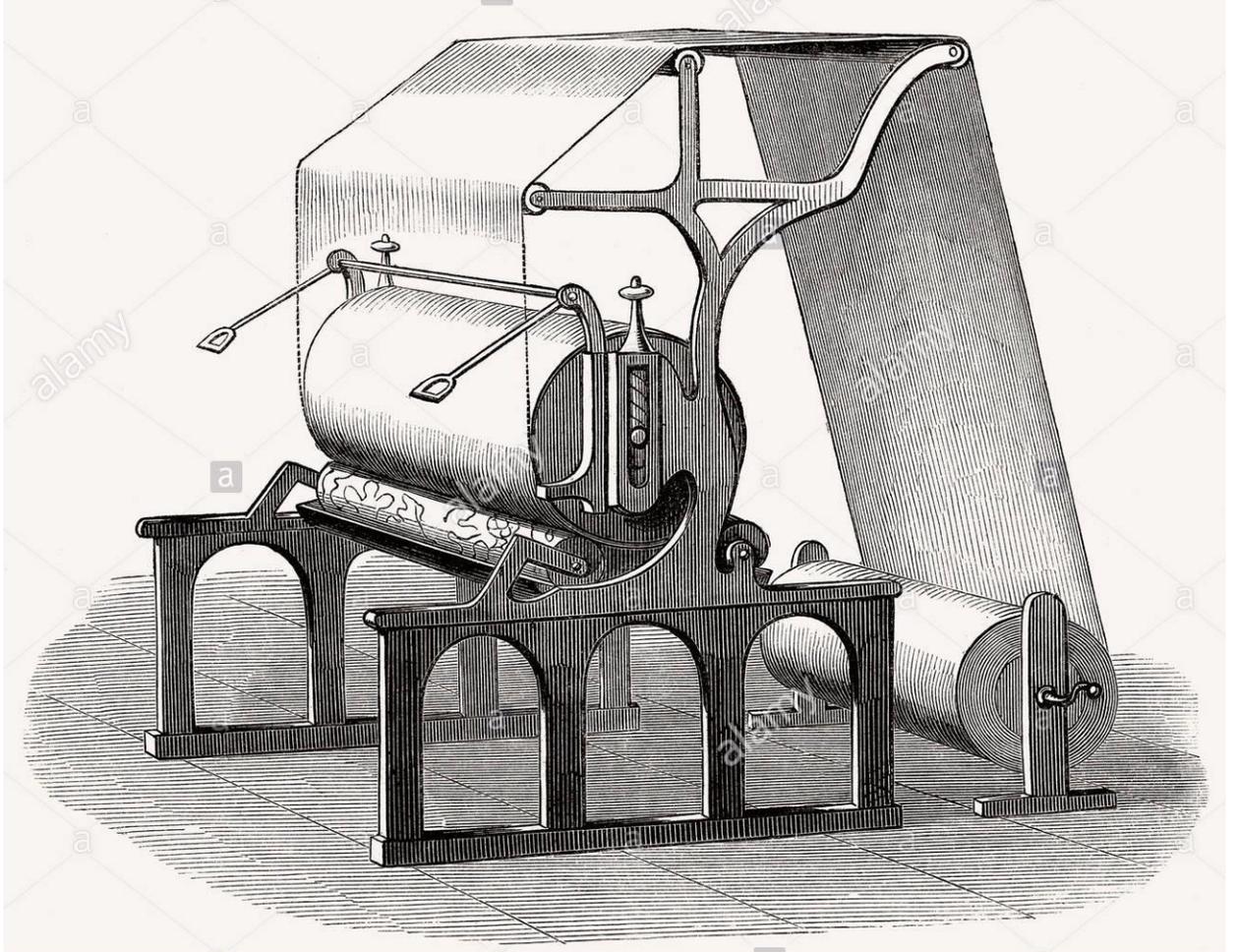
Dado que gran parte del algodón importado procedía de Nueva Inglaterra, los puertos de la costa oeste de Gran Bretaña, como Liverpool, Bristol y Glasgow, fueron cruciales para determinar los emplazamientos de la industria algodonera. Lancashire se transformó en un centro para la reciente industria del algodón porque el clima húmedo era mejor para hilar el hilo. Como el hilo de algodón no era lo suficientemente fuerte como para usarlo como urdimbre, se tuvo que usar lana, lino o fustán y Lancashire era un centro de lana existente.

I.5.5 Inventos clave

La industria textil impulsó innovaciones científicas revolucionarias. El transbordador volador fue patentado en 1733 por John Kay y vio una serie de mejoras posteriores, incluida una importante en 1747 que duplicó la producción de un tejedor. Se volvió ampliamente utilizado en Lancashire después de 1760 cuando el hijo de John, Robert, diseñó un método para desplegar múltiples lanzaderas simultáneamente, lo que permite el uso de tramas de más de un color y facilita al tejedor la producción de material de rayas cruzadas. Estos transbordadores se alojaron al costado del telar en lo que se conoció como la caja de entrega. Según (Candela, 2010) Lewis Paul patentó el marco rotatorio de rodillos y el sistema de volante y bobina para alargar la lana a un grosor uniforme. La tecnología se desarrolló con la ayuda de John Wyatt de Birmingham. Paul y Wyatt abrieron un molino en Birmingham, que usaba su nueva máquina laminadora impulsada por un burro. En 1743, fue abierta una fábrica en Northampton con 50 alfileres en cada una de las cinco máquinas de Paul y Wyatt. Funcionó hasta alrededor de 1764. Daniel Bourn instauró un molino similar en Leominster, pero se calcinó. Tanto Paul como Bourn licenciaron las máquinas de cardado en 1748. Basadas en dos juegos de rodillos que viajaban a diferentes velocidades, estos se utilizaron más tarde en la primera hilandería de algodón. El invento de Lewis fue avanzado y mejorado por Richard Arkwright en su estructura de agua y Samuel Crompton en su mula giratoria. (Candela, 2010)

Imagen 1.4

Molino de rodillos



 alamy stock photo

GJBJRP
www.alamy.com

Fuente: alamy.es

En 1764 en el pueblo de Stanhill, Lancashire, James Hargreaves imaginó la Jenny giratoria, que patentó en 1770. Este era el primer cuadro giratorio práctico con múltiples ejes. La Jenny trabajó de manera similar a la rueca: primero sujetó las fibras, luego las extrajo y luego las retorció. Era una máquina sencilla con estructura de

madera que costaba aproximadamente solo £ 6 por un modelo de 40 husillos en 1792 y fue utilizada principalmente por hilanderos caseros. Jenny produjo un hilo ligeramente ensortijado solo apto para trama, no urdimbre.

El dispositivo disminuyó la cantidad de trabajo necesario para producir hilo, con un trabajador capaz de trabajar ocho o más carretes a la vez. Esto aumentó a 120 a medida que avanzaba la tecnología.

(Candela, 2010) El marco giratorio o marco de agua fue perfeccionado por Richard Arkwright, quien junto con dos socios lo patentó en 1769. La delineación se basó en parte en una máquina de hilar erigida para Thomas High por el fabricante de relojes John Kay, quien fue contratado por Arkwright. Para cada eje, el marco de agua usaba una serie de cuatro pares de rodillos, cada uno operando a una velocidad de rotación sucesivamente más alta para extraer la fibra, que luego fue torcida por el eje. El espaciado de los rodillos fue levemente más largo que la longitud de la fibra. Un espaciado más estrecho provocó la rotura de las fibras, mientras que un mayor espaciado provocó un hilo irregular. Los rodillos superiores estaban cubiertos de cuero y la carga sobre ellos se aplicaba con un peso que evitaba que la torsión retrocediera antes que los rodillos. Los rodillos de abajo eran de madera y metal, con estrías a lo largo. El marco de agua pudo lograr causar un hilo duro de conteo medio adecuado para la urdimbre, lo que finalmente permitió fabricar tela 100% algodón en Gran Bretaña. Un caballo estimuló la primera fábrica en utilizar el marco giratorio. Arkwright y sus socios manejaron energía hidráulica en una fábrica en Cromford, Derbyshire en 1771, lo que le dio a la invención su nombre.

Imagen 1.5

Marco Giratorio Arkwright 1



 alamy stock photo

Fuente: *alamy.es 1*

A Richard Arkwright se le imputa una lista de inventos, pero estos en realidad fueron desarrollados por personas como Thomas Highs y John Kay. Arkwright alimentó a los inventores, patentó las ideas, capitalizó las iniciativas y protegió las máquinas. Fundó la fábrica de algodón, que congregó los procesos de producción en una fábrica, y desarrolló el uso de la energía —primero caballos y luego hidráulica— que convirtió la manufactura del algodón en una industria mecanizada.

La mula giratoria de Samuel Crompton, encajada en 1779, era una composición de la Jenny giratoria y el marco de agua. Los husillos se colocaron en un carro que pasó por una secuencia operativa durante la cual los rodillos se detuvieron mientras el carro se alejaba del rodillo de tracción para terminar de extraer las fibras cuando los husillos comenzaron a girar. La mula de Crompton pudo producir hilo más fino que el hilado a mano a un costo menor. El hilo hilado en mula tenía una resistencia adecuada para usarse como urdimbre y finalmente permitió a Gran Bretaña producir telas de percal de buena calidad.

La mula hiladora hila fibras textiles en hilo a través de un proceso intermitente. En la corrida de estirado, la mecha se coloca a través de rodillos y se retuerce. A la devolución, se envuelve en el eje.

Al darse cuenta de que la expiración de la patente de Arkwright agrandaría considerablemente el suministro de algodón hilado e incitaría una escasez de tejedores, Edmund Cartwright desarrolló un telar eléctrico vertical que patentó en 1785. El diseño del telar de Cartwright tenía varios defectos, incluida la rotura del hilo. Samuel Horrocks patentó un telar bastante exitoso en 1813; Fue mejorado por Richard Roberts en 1822, y estos fueron producidos en grandes cantidades por Roberts, Hill & Co.

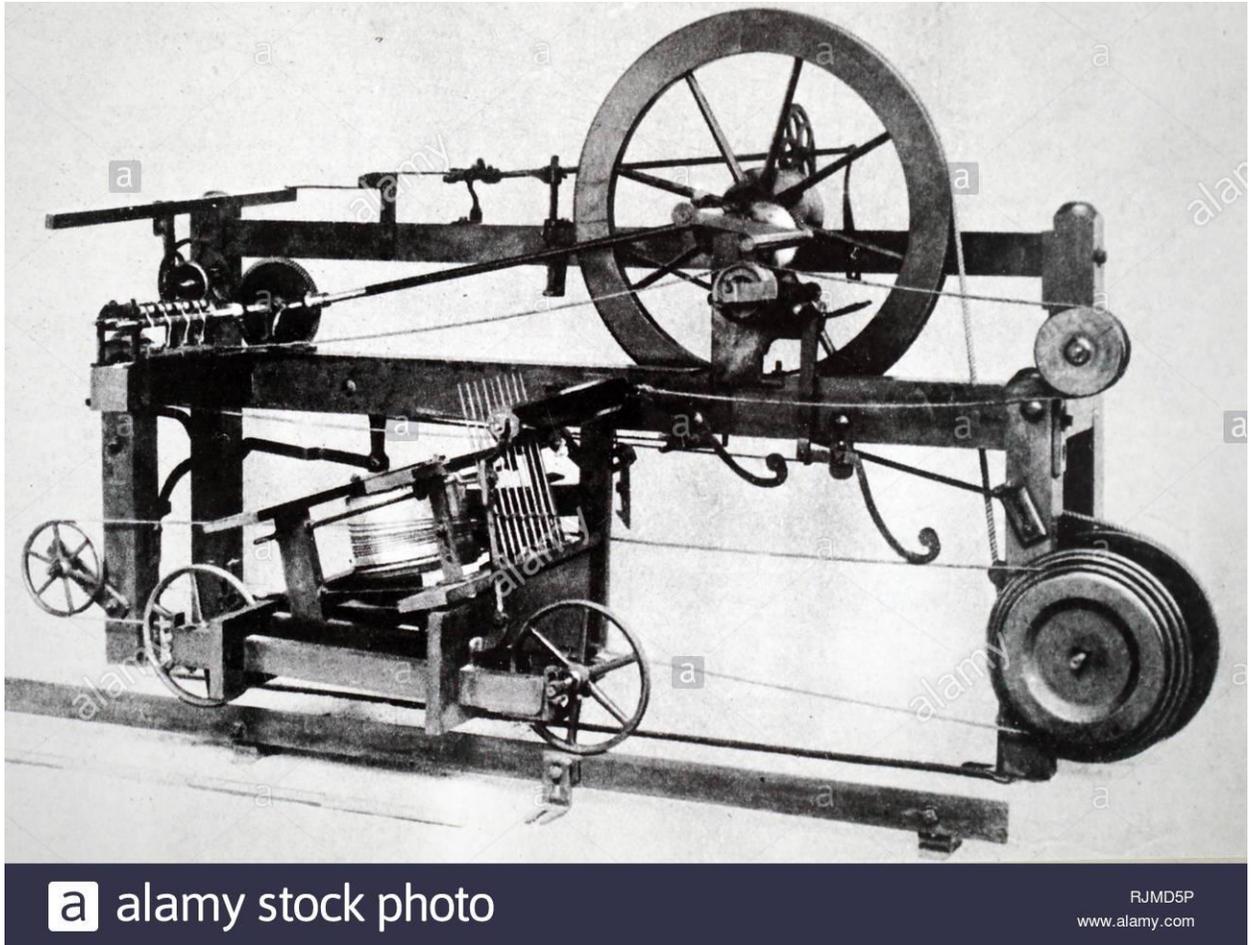
La industria textil también se favorecería de muchos otros desarrollos del período. Ya en 1691, Thomas Savery fabricó una máquina de vapor al vacío. Su diseño, que no era seguro para la utilización, fue mejorado por Thomas Newcomen en 1698. En 1765, James Watt pudo cambiar aún más el motor de Newcomen para trazar un motor de vapor de condensador externo. Watt siguió mejorando su diseño, produciendo un motor condensador separado en 1774 y un motor condensador separado giratorio en 1781. Watt formó una sociedad con un empresario Matthew Boulton y juntos fabricaron máquinas de vapor que podrían ser utilizadas por la industria.

Mecanización de la industria textil

Con el telar de Cartwright, la mula giratoria y la máquina de vapor de Boulton y Watt, las piezas estaban en su lugar para construir una industria textil mecanizada. Desde de este momento, no hubo nuevos inventos, sino una mejora continua en la tecnología, ya que el propietario del molino se esforzó por reducir los costos y mejorar la calidad. Los desarrollos en la infraestructura de transporte, como los canales y, después de 1830, los ferrocarriles, facilitaron la importación de materias primas y la exportación de telas acabadas.

Imagen I.6

Mula Giratoria Crompton 1



Fuente: alamy.es/ 1

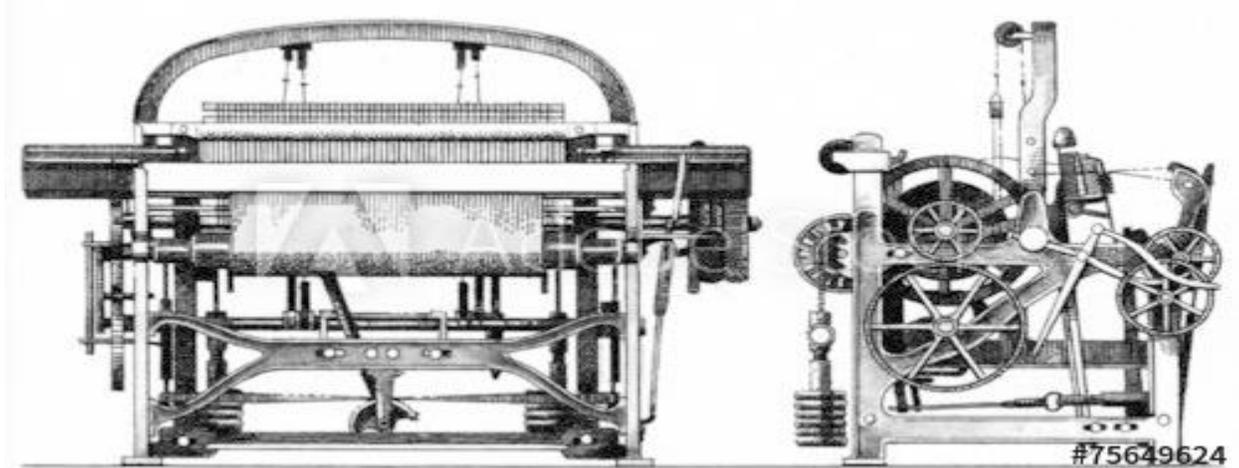
La utilización de la energía hidráulica para promover los molinos se complementó con bombas de agua accionadas por vapor y luego fue reemplazado por completo por las máquinas de vapor. Por ejemplo, Samuel Greg se introdujo a la empresa de comerciantes textiles de su tío y, al hacerse cargo de la empresa en 1782, buscó un sitio para establecer una fábrica. Quarry Bank Mill fue cimentado en el río Bollin en Styal en Cheshire. Primeramente, fue promovido por una rueda hidráulica, pero instaló

motores de vapor en 1810. En 1830, la potencia promedio de un motor de molino era de 48 caballos de fuerza (hp), pero el molino Quarry Bank instaló una nueva rueda hidráulica de 100 hp. Esto cambiaría en 1836, cuando Horrocks & Nuttall, Preston recibió el doble motor de 160 CV. William Fairbairn abordó el inconveniente de los ejes de línea y fue responsable de perfeccionar la eficiencia del molino. En 1815, reemplazó los ejes giratorios de madera que impulsaban las máquinas a ejes de hierro forjado, que eran un tercio del peso y absorbían menos energía. El molino funcionó hasta 1959.

En 1830, manejando una patente de 1822, Richard Roberts fabricó el primer telar con armazón de hierro fundido, el Roberts Loom. En 1842, James Bullough y William Kenworthy fabricaron un telar mecánico semiautomático conocido como Lancashire Loom. Aunque era de acción automática, tuvo que detenerse para recargar las lanzaderas vacías. Fue la columna de la industria del algodón de Lancashire durante un siglo, cuando el telar Northrop, inventado en 1894, con una función de reposición automática de la trama, ganó predominio.

Imagen 1.7

Telar metálico Roberts 1



Fuente: <https://stock.adobe.com/> 1

La huelga de hilanderos de mulas de Stalybridge de 1824 estimuló la investigación sobre el problema de aplicar energía al movimiento de bobinado de la mula. En 1830, Richard Roberts patentó la primera mula auto activa. El sorteo mientras giraba había sido asistido por energía, pero el empuje del viento lo hacía manualmente la ruleta. Antes de 1830, el hiladero operaría una mula parcialmente propulsada con un máximo de 400 husos. Después de 1830, se pudieron construir mulas auto activas con hasta 1300 husos. Los ahorros con esta tecnología fueron enormes. Un trabajador que hilaba algodón en una rueca manual en el siglo XVIII duraría más de 50.000 horas en hilar 100 libras de algodón. En la década de 1790, la misma cantidad podía hilarse en 300 horas con una mula, y con una mula auto activa, un trabajador podía hilarla en solo 135 horas.

Exportación de tecnología

Mientras se beneficiaba de la experiencia que llegaba del extranjero, Gran Bretaña protegía mucho la tecnología local. En específico, a los ingenieros con habilidades en la construcción de fábricas textiles y maquinaria no se les consintió emigrar, particularmente a la incipiente América. Sin embargo, Samuel Slater, un ingeniero que había trabajado como aprendiz del socio de Arkwright, Jedediah Strutt, eludió la prohibición. En 1789, llevó sus habilidades para diseñar y construir fábricas a Nueva Inglaterra y pronto se dedicó a copiar las fábricas textiles que ayudaron a Estados Unidos con su propia revolución industrial. Siguió invenciones locales. En 1793, Eli Whitney inventó y patentó la desmotadora de algodón, que aceleró el procesamiento del algodón crudo en más de 50 veces. Con una desmotadora de algodón, un hombre podría extraer la semilla de la misma cantidad de algodón americano (upland) en un día que antes le habría tomado a una mujer que trabajaba dos meses procesarla a una libra por día.

I.5.7 Las primeras fábricas y aumento del sistema de fabricas

El sistema de fábricas era una nueva forma de organizar el trabajo que se hizo necesaria por el desarrollo de las máquinas, que eran demasiado grandes para albergarlas en la cabaña de un trabajador y demasiado caras para ser propiedad del trabajador, que ahora trabajaba muchas horas y vivía en condiciones peligrosas en una nueva etapa.

Antes de la Revolución Industrial, la mayor parte de la mano de obra estaba empleada en la agricultura, ya sea como agricultores autónomos como propietarios o arrendatarios de tierras o como trabajadores agrícolas sin tierra. En la época de la Revolución Industrial, el sistema de producción en el que los agricultores y la gente

del pueblo producían bienes en sus hogares, a menudo descrito como industria artesanal, era el estándar. Los productos característicos del sistema de producción incluían el hilado y el tejido. Los capitalistas comerciantes proporcionaban las materias primas, normalmente a los trabajadores pagados por pieza, y eran responsables de la venta de las mercancías. Los trabajadores dedican muchas horas a tareas de baja productividad pero que requieren mucha mano de obra. El esfuerzo logístico en la ganancia y distribución de materias primas y la recogida de productos terminados también fueron limitaciones del sistema.

Algunas de las máquinas iniciales de hilar y tejer, como una Jenny de hilatura de 40 husillos por unas seis libras en 1792, eran asequibles para los cottagers. La siguiente maquinaria, como los bastidores de hilar, las mulas de hilar y los telares mecánicos, eran costosos (especialmente si funcionaban con agua), lo que dio lugar a la propiedad capitalista de las fábricas. Muchos trabajadores, solo y únicamente tenían su trabajo para vender, se convirtieron en trabajadores de fábricas en ausencia de otras oportunidades.

El sistema fabril era una nueva forma de organizar el trabajo que se hizo necesaria por el desarrollo de las máquinas, que eran inmensas para albergarlas en la cabaña de un trabajador y demasiado caras para ser propiedad del trabajador. Una de las primeras fábricas fue la fábrica de seda impulsada por agua de John Lombe en Derby, operativa en 1721. En 1746, una fábrica de latón completada estaba funcionando en Warmley, cerca de Bristol. La materia prima pasaba por un extremo y luego se fundía en latón para convertirse en cacerolas, alfileres, alambre y otros productos. Se suministró hospedaje a los trabajadores en el lugar. Josiah Wedgwood en Staffordshire y Matthew Boulton en su fábrica de Soho fueron otros destacados industriales tempranos que emplearon el sistema de fábricas. Sin embargo, se acredita a Richard Arkwright como el cerebro detrás del crecimiento de las fábricas y, específicamente, Derwent Valley

Mills. Después de que patentó su marco de agua en 1769, instituyó Cromford Mill en Derbyshire, Inglaterra.

Aumento del sistema de fábrica

El sistema fabril era una forma novedosa de organizar el trabajo que se hizo necesaria por el desarrollo de las máquinas, que eran increíblemente grandes para albergarlas en la cabaña de un trabajador y demasiado caras para ser propiedad del trabajador. Una de las primeras fábricas fue la fábrica de seda impulsada por agua de John Lombe en Derby, operativa en 1721. En 1746, una fábrica de latón completada estaba funcionando en Warmley, cerca de Bristol. La materia prima entraba por un extremo y luego se fundía en latón para convertirse en cacerolas, alfileres, alambre y otros productos. Se proporcionó hospedaje a los trabajadores en el lugar. Josiah Wedgwood en Staffordshire y Matthew Boulton en su fábrica de Soho fueron otros sobresalientes industriales tempranos que emplearon el sistema de fábricas. Sin embargo, se acredita a Richard Arkwright como el cerebro responsable del crecimiento de las fábricas y, específicamente, Derwent Valley Mills. Luego de que patentó su marco de agua en 1769, instauró Cromford Mill en Derbyshire, Inglaterra. Esta primera fábrica fue establecida por el fabricante de juguetes Matthew Boulton y su socio comercial John Fothergill. En 1761, alquilaron un sitio en Handsworth Heath, que contenía una cabaña y un laminador de metales impulsado por agua. El molino fue substituido por una nueva fábrica, diseñada y construida por la familia Wyatt de Lichfield, y terminada en 1766. Producía una amplia gama de productos, desde botones, hebillas y cajas hasta artículos japoneses (denominados colectivamente "juguetes") y más tarde productos de lujo como cubiertos y ormolu (un tipo de bronce dorado).

Prácticas laborales

Entre las décadas de 1760 y 1850, la naturaleza del trabajo pasó de un modelo de producción artesanal, realizado en los hogares, a un modelo centrado en la fábrica. Las

fábricas textiles establecían la vida de los trabajadores de manera muy diferente a la producción artesanal. Los tejedores de telares manuales trabajaban a su ritmo oportuno, con sus propias herramientas y dentro de sus propias cabañas. Las fábricas establecen horarios de trabajo y la maquinaria dentro de ellas determina el ritmo de trabajo. Las fábricas congregaban a los trabajadores dentro de un edificio para trabajar en maquinaria que no les pertenecía. También incrementaron la división del trabajo, reduciendo el número y el alcance de las tareas. Los dueños de las fábricas inculcaron energicamente la disciplina del trabajo en la mano de obra.

Las primeras fábricas textiles empleaban a muchos niños. En Inglaterra y Escocia en 1788, más de la mitad de los trabajadores de 143 fábricas de algodón accionadas por agua eran niños. Sir Robert Peel, propietario de un molino transformado en reformador, promovió la Ley de Salud y Moral de los Aprendices de 1802, cuyo objetivo era evitar que los niños pobres afanaran más de 12 horas al día en molinos. Los niños iniciaron en los molinos alrededor de los cuatro años, trabajando como carroñeros de mulas debajo de la maquinaria de trabajo hasta los ocho. Pasaron a trabajar como pequeños trabajadores hasta los 15 años. Durante este tiempo trabajaron de 14 a 16 horas al día, a menudo abusados físicamente. En 1835, la cantidad de trabajadores con menos de 18 años en las fábricas de algodón en Inglaterra y Escocia había disminuido al 43%. Aproximadamente la mitad de los trabajadores de las fábricas de algodón de Manchester y Stockport encuestados en 1818 y 1819 bagan trabajan con menos de diez años. La mayoría de los trabajadores adultos en las fábricas de algodón de mediados del siglo XIX en Gran Bretaña comenzaron como trabajadores infantiles. El incremento de esta mano de obra adulta con experiencia en las fábricas ayuda a exponer el abandono del trabajo infantil en las fábricas textiles.

Impacto social

Si bien el trabajo infantil era común en las granjas y bajo el sistema de expulsión, los historiadores coinciden en que el impacto del sistema fabril y la Revolución Industrial en los niños fue perjudicial. En los distritos industriales, los niños suelen ingresar a la fuerza laboral a edades más tempranas. Muchos de los nuevos dueños de fábricas prefirieron emplear niños porque los consideraban más dóciles y sus salarios eran más bajos (10-20% de lo que se pagaba a los trabajadores adultos varones, mientras que las mujeres adultas ganaban alrededor del 25% del salario de un hombre adulto). Aunque la mayoría de las familias canalizaron los ingresos de sus hijos para proporcionarles una mejor dieta, el costo físico del trabajo en las fábricas fue demasiado grande y tuvo resultados perjudiciales para los niños. Los niños trabajadores en su mayoría suelen ser huérfanos, hijos de viudas o de las familias más pobres. Los maestros fabricantes aplicaron crueldad y tortura a los niños para mantener un alto rendimiento o mantenerlos despiertos. Los cuerpos de los niños se tuercen y deforman por el trabajo en los molinos y fábricas.

Antes del desarrollo del sistema fabril, en el matrimonio tradicional de la clase trabajadora, las mujeres se casaban con hombres del mismo estatus social y el matrimonio fuera de esta norma era inusual. El matrimonio durante la Revolución Industrial pasó de esta tradición a una unión más sociable entre esposa y esposo en la clase trabajadora. Las mujeres y los hombres tendían a casarse con alguien del mismo trabajo, ubicación geográfica o grupo social. El ámbito laboral tradicional seguía dictado por el padre, quien controlaba el ritmo de trabajo de su familia. Sin embargo, las fábricas y molinos socavaron la antigua autoridad patriarcal. Las fábricas ponen a maridos, esposas e hijos en las mismas condiciones y autoridad que los amos fabricantes.

Los trabajadores de las fábricas habitualmente vivían a poca distancia del trabajo hasta la introducción de las bicicletas y los ferrocarriles eléctricos en la década de 1890. De

esta manera, el sistema de fábricas fue en parte responsable del aumento de la vida urbana, ya que un gran número de trabajadores emigraron a las ciudades en busca de empleo en las fábricas. Hasta finales del siglo XIX, era común trabajar al menos 12 horas al día, seis días a la semana en la mayoría de las fábricas, pero las largas horas también eran comunes fuera de las fábricas.

La transición a la industrialización no estuvo exenta de la oposición de los trabajadores, que temían que las máquinas pusieran fin a la necesidad de mano de obra altamente calificada. Por ejemplo, un grupo de trabajadores ingleses reconocidos como luditas se formó para protestar contra la industrialización y, a veces, las fábricas saboteadas. Continuaron una tradición ya establecida de trabajadores que se oponían a la maquinaria que ahorra trabajo. Una gran cantidad de inventores de la industria textil, como John Kay y Samuel Crompton, sufrieron acoso al desarrollar sus máquinas o dispositivos. Sin embargo, en otras industrias, la transición a la producción industrial no fue tan divisiva.

Aunque los luditas temían sobre todo que las máquinas eliminaran la necesidad de mano de obra altamente calificada, una idea errónea sobre el grupo es que protestaron contra la maquinaria en sí en un vano intento de detener el progreso. Como resultado, el término ha llegado a significar una persona que se opone a la industrialización, la automatización, la informatización o las nuevas tecnologías en general.

El impacto general del sistema fabril y la Revolución Industrial más en los adultos ha sido objeto de un extenso debate entre los historiadores durante más de un siglo. Los optimistas han argumentado que la industrialización trajo salarios más altos y mejores niveles de vida para la mayoría de las personas. Los pesimistas han argumentado que estas ganancias han sido exageradas en exceso, los salarios no aumentaron significativamente durante este período, y las ganancias económicas que realmente se obtuvieron deben compensarse con el empeoramiento de la salud y la vivienda de los

nuevos sectores urbanos. Desde la década de 1990, muchas contribuciones al debate sobre el nivel de vida se han inclinado hacia la interpretación pesimista.

Una de las historias más conocidas de las condiciones de vida de los trabajadores de las fábricas durante la Revolución Industrial es el estado de la clase trabajadora en Inglaterra de Friedrich Engels en 1844. Engels describió las secciones callejeras de Manchester y otras ciudades industriales, donde la gente vivía en toscas chozas y chabolas, algunos no completamente cerrados, algunos con pisos de tierra. En estos barrios de chabolas existían pasarelas estrechas entre lotes y viviendas de forma irregular. No había instalaciones sanitarias. La densidad de población era extremadamente alta. De ocho a diez trabajadores del molino no relacionados a menudo compartían una habitación sin muebles y dormían sobre un montón de paja o aserrín. La enfermedad se propaga a través de un suministro de agua contaminada.

A finales de la década de 1880, Engels noto que la pobreza extrema y la falta de saneamiento sobre las que escribió en 1844 habían desaparecido en gran medida. Desde entonces, el debate histórico sobre la cuestión de las condiciones de vida de los trabajadores de las fábricas ha sido controvertido. Si bien algunos han señalado que las condiciones de vida de los trabajadores pobres eran trágicas en todas partes y la industrialización mejoró lentamente los niveles de vida de un número cada vez mayor de trabajadores, otros concluyeron que los niveles de vida de la gran mayoría de la población no crecieron significativamente hasta finales del siglo XIX y Siglo XX y que en muchos sentidos el nivel de vida de los trabajadores declinó bajo el capitalismo temprano.

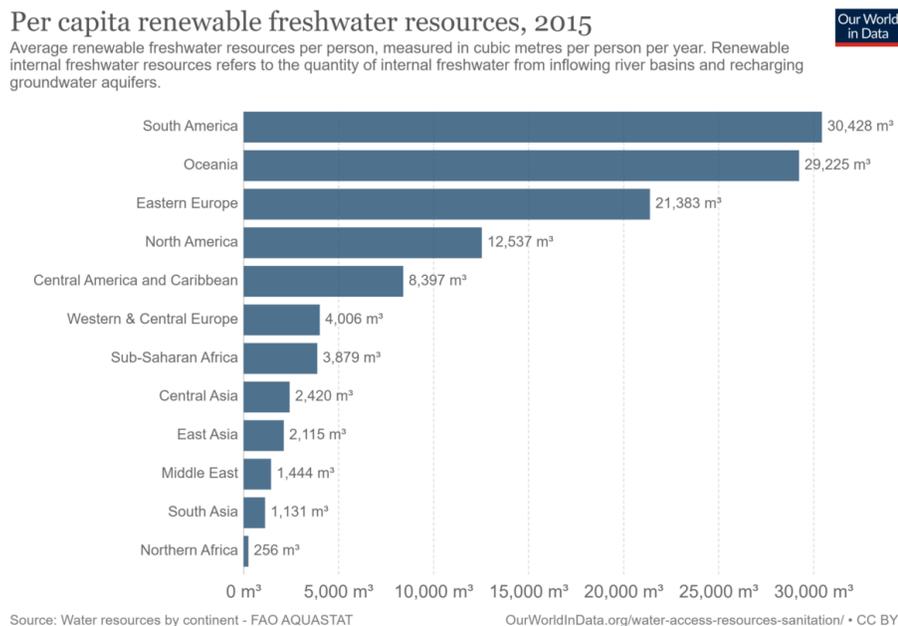
Capítulo II: Importancia del recurso Agua dentro de las zonas francas

II.1 Consumo de agua a nivel mundial

Según (Worldometers, 2021) existe suficiente agua dulce a nivel mundial para satisfacer la demanda actual de agua. Sin embargo, los recursos hídricos no se distribuyen por igual, lo que provoca escasez de agua en algunas partes del mundo. Sobre una base per cápita y medida en términos de agua dulce naturalmente renovable, el norte de África, el sur de Asia y el Medio Oriente tienen el mayor riesgo de inseguridad hídrica.

Imagen II.1

Grafica de consumo de agua fresca por país en el 2015



Fuente: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>

En 2018, según un análisis de una misión de teledetección satelital de 14 años identificó 19 puntos críticos de agotamiento del agua que fueron causados por la sequía, el agotamiento de las aguas subterráneas, el retroceso de los glaciares, la pérdida de la capa de hielo, la pérdida severa de agua superficial (el secado del Aral y el Mar Caspio) y el llenado de grandes embalses (la presa de las Tres Gargantas). El agotamiento del agua es más pronunciado en el norte de la India, Oriente Medio y África del Norte y Asia Central. Si bien otras regiones experimentaron un aumento en la disponibilidad de agua, probablemente se debió principalmente a las influencias antropogénicas, la variabilidad natural y el cambio climático.

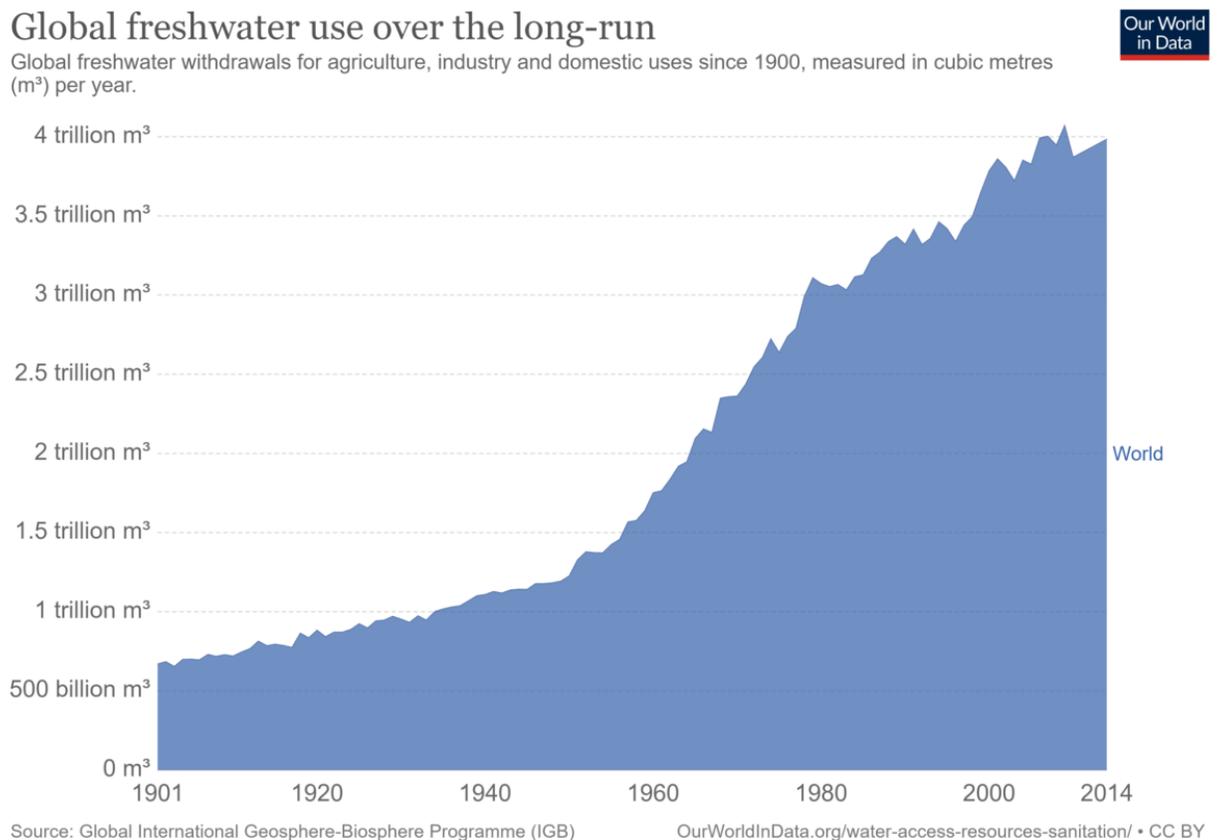
Aproximadamente 500 millones de personas experimentan una grave escasez de agua permanente. La mayoría de esas personas residen en India, Pakistán, Egipto, México, Arabia Saudita y Yemen. Aproximadamente cuatro mil millones de personas perciben una grave escasez de agua durante al menos un mes al año. Hay 17 países que actualmente experimentan un alto estrés hídrico, lo que significa que están utilizando más del 80 por ciento de las aguas superficiales y subterráneas disponibles para ellos.

Las proyecciones para los próximos 30 años, según (Mervyn Piesse, 2020) pintan un panorama igualmente sombrío. Para 2050, más de la mitad de la población mundial podría experimentar una grave escasez de agua durante al menos parte del año. Para 2030, se espera que el alto estrés hídrico se convierta en algo común en 45 ciudades e incluya a casi 470 millones de personas. Se espera que el crecimiento de la población, el aumento del consumo, la urbanización, los cambios en la dieta y el aumento de las necesidades energéticas sean los principales factores que conduzcan al aumento de la demanda de agua. Si bien se espera que la demanda continúe aumentando, la eficiencia en el uso del agua y el aumento de los suministros de agua mediante el uso de la

desalinización, la recarga de acuíferos administrada y el reciclaje de agua podrían reducir la presión sobre las fuentes de agua.

Imagen II.2

Uso de agua en el tiempo



Fuente: <https://ourworldindata.org/water-use-stress>

El uso de agua se ha más que triplicado desde la década de 1950, creciendo más del doble de la tasa de crecimiento de la población durante ese tiempo. El consumo anual de agua aumentó de 1,22 billones de metros cúbicos en 1950 a cuatro billones de metros cúbicos en 2014 (un metro cúbico equivale a 1.000 litros). La OCDE pronostica que, si la demanda de agua continúa creciendo a un ritmo similar, es probable que el

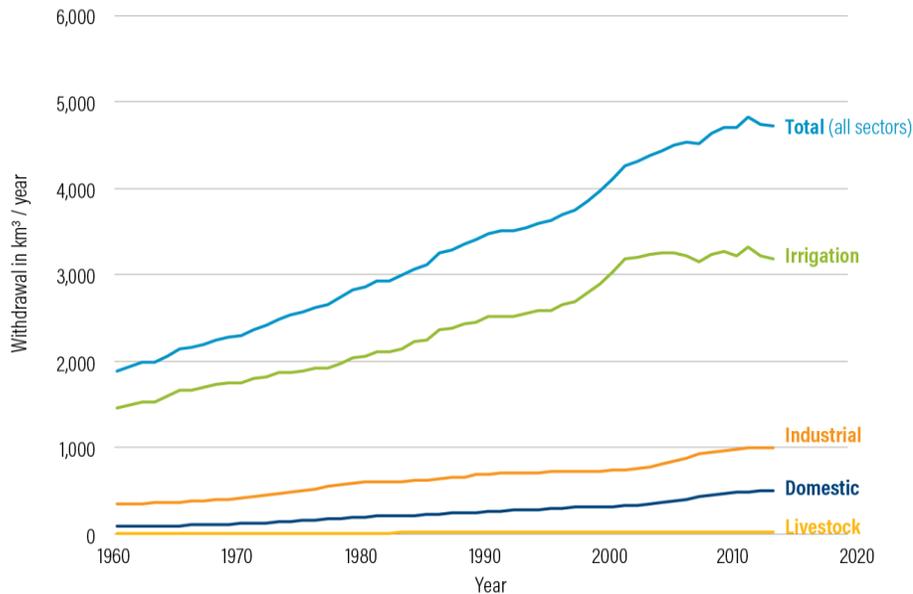
consumo mundial de agua aumente a casi seis billones de metros cúbicos en 2050. Se espera que la mayor parte de ese aumento en la demanda se produzca como resultado de la creciente demanda de industria, que incluye generación de energía.

Sin embargo, dado que se espera que la población mundial se vuelva más urbanizada y rica durante ese tiempo, esas proyecciones podrían subestimar la escala de la demanda futura de agua. Las áreas urbanas generalmente tienen mejor acceso al agua que las rurales y la urbanización podría contribuir a tasas de uso de agua más altas de lo que implican las tendencias históricas. Las poblaciones más ricas también se someten a cambios dietéticos de dietas basadas en cereales a dietas basadas en proteínas. Los cereales requieren menos agua para producirse que la mayoría de los alimentos ricos en proteínas y es probable que un cambio en la dieta de este tipo pueda generar una mayor demanda de agua de lo que sugiere la tendencia histórica.

Imagen II.3

Uso de agua por sector

Water withdrawals by sector, 1960-2014



Source: Authors.
20.2.10

AQUEDUCT™

WORLD RESOURCES INSTITUTE

Fuente:

<https://www.futuredirections.org.au/publication/global-water-supply-and-demand-trends-point-towards-rising-water-insecurity/>

La agricultura es actualmente el principal consumidor de agua; representa aproximadamente el 69 por ciento del agua que se utiliza a nivel mundial cada año. En los países en desarrollo, donde la agricultura generalmente contribuye más a la economía nacional que en los países desarrollados, sin embargo, más del 90 por ciento del agua utilizada cada año puede utilizarse en el sector agrícola. Se espera que el uso mundial de agua para la agricultura disminuya en los próximos 30 años, a medida que el sector se vuelva más eficiente en el uso de agua. La industria es el segundo mayor consumidor de agua y representa aproximadamente el 19 por ciento de las extracciones de agua a nivel mundial. El agua para uso doméstico representa el 12% restante del

consumo de agua dulce y, si bien es el menor usuario de agua a nivel mundial, la demanda ha aumentado al mayor ritmo en los últimos 50 años. La demanda de agua en los hogares aumentó en más del 600 por ciento entre 1960 y 2014. Si bien se espera que la demanda de los hogares continúe aumentando, es probable que la mayor parte del aumento en la demanda de agua provenga de la industria.

El agua subterránea es una fuente de agua importante, particularmente en momentos en que las fuentes de agua superficial no están fácilmente disponibles debido a la sequía o la contaminación. Proporciona agua potable al menos a la mitad de la población mundial y representa más del 40% del agua utilizada para el riego. Se estima que el 20% de los acuíferos del mundo están sobreexplotados, lo que pone en duda la estabilidad a largo plazo de algunas de las reservas de agua subterránea del mundo. La sobreexplotación de los recursos de aguas subterráneas es particularmente evidente en Yakarta, Bali, Ciudad de México, partes del Medio Oriente (aunque algunos países de la región están intentando reducir el uso insostenible de aguas subterráneas), partes de India (ver también: [aquí](#) y [aquí](#)) y Vietnam.

La sobreexplotación se produce cuando se extrae más agua subterránea de la que se devuelve al acuífero. Entre 1900 y 2008, las reservas mundiales de agua subterránea se agotaron en aproximadamente 4.500 kilómetros cúbicos. La tasa a la que se está agotando también ha aumentado, alcanzando los 145 kilómetros cúbicos por año entre 2000 y 2008. A escala mundial, las tasas de recarga natural superan los 12.000 kilómetros cúbicos por año, pero debido a que algunos acuíferos se utilizan más que otros, algunas fuentes de agua subterránea se han agotado cada vez más con el tiempo.

Dado que el agua subterránea representa la mitad del agua doméstica consumida en las áreas urbanas y es una fuente importante de agua para aproximadamente dos quintas partes de las tierras de cultivo irrigadas del mundo, es probable que los suministros de agua subterránea se vean sometidos a una mayor presión durante los próximos 30 años.

Es probable que el aumento del acceso al agua apoye el crecimiento y el desarrollo económicos, especialmente en las zonas urbanas donde el agua se utiliza para una amplia gama de actividades económicas. También se espera que las áreas urbanas experimenten una reducción del 66% en la disponibilidad de agua para 2050, en comparación con los niveles de 2015. Se estima que proporcionar cobertura universal de agua potable costaría 203 mil millones de dólares (310 mil millones de dólares), y que las áreas urbanas representarían 141 mil millones de dólares (215 mil millones de dólares). Sin embargo, se estima que las pérdidas económicas asociadas con servicios inadecuados de agua y saneamiento totalizan US \$ 260 mil millones (\$ 400 mil millones) por año.

El mantenimiento de la infraestructura de suministro de agua existente también es una parte importante de la gestión de los recursos hídricos. Se estima que los sistemas de agua urbanos bien mantenidos pierden entre el 10 y el 30 por ciento del agua que transportan. En las ciudades de los países en desarrollo, se puede perder hasta el 70% del agua suministrada a través de los sistemas de agua corriente. Esa agua perdida se conoce como agua no contabilizada. Reducir a la mitad el agua no contabilizada en el mundo en desarrollo proporcionaría suficiente agua para 90 millones de personas. A menudo es más rentable reducir el agua no contabilizada que aumentar el suministro de agua y tiene el beneficio adicional de ejercer menos presión sobre los recursos hídricos.

Las aguas residuales también son un desafío creciente para la seguridad hídrica mundial. Se estima que más del 80% de las aguas residuales del mundo se liberan al medio ambiente sin ser recolectadas ni tratadas, lo que contamina el medio ambiente y desperdicia un recurso renovable. La escorrentía agrícola a menudo transporta altos niveles de nitrógeno, productos químicos y otros contaminantes, lo que contribuye a la

creación de "zonas muertas" marinas. Estas zonas son causadas por el crecimiento excesivo de algas, promovido por aguas residuales ricas en nutrientes, que luego se descomponen y agotan el oxígeno. Como hay menos oxígeno disuelto en el agua, la vida marina muere o migra fuera del área.

Hay dos opciones políticas generales para hacer frente al aumento esperado de la demanda mundial de agua: aumentar el suministro de agua o disminuir la demanda de agua. La construcción de presas, el reciclaje y la reutilización del agua, la recarga del agua subterránea y la desalinización son opciones para aumentar el suministro de agua, pero no son universalmente apropiadas. Además, como señala el Banco Mundial:

“Las intervenciones del lado de la oferta, si bien son esenciales, no resolverán por sí solas los problemas de gestión del agua. La historia ha demostrado sistemáticamente que cuando se aumenta la cantidad de agua suministrada y se suministra a bajo precio, esto simplemente induce una nueva demanda ... Por lo tanto, las inversiones para aumentar el suministro de agua deben ir acompañadas de políticas que promuevan la eficiencia y asignen mejor los recursos hídricos.”

En la mayoría de los casos, simplemente aprovechar los suministros de agua subterránea o construir represas no es viable. Aproximadamente un tercio de los acuíferos del mundo están bajo presión y ya se han utilizado la mayoría de los sitios de represas viables. Será necesario desarrollar otras fuentes de agua, junto con medidas para reducir el uso del agua, si la inseguridad hídrica va a disminuir.

La desalinización es una fuente de agua dulce independiente del clima que proporciona alrededor del uno por ciento del agua dulce del mundo a 300 millones de personas. Es una opción inadecuada para la mayoría de las aplicaciones agrícolas, debido a su alto costo. (La desalinización puede costar de dos a diez veces más que las fuentes

tradicionales de agua dulce). Más del 90% del agua desalinizada del mundo se utiliza en la industria y para aumentar el suministro de agua municipal. La desalinización de agua de mar se utiliza ampliamente en Oriente Medio, donde la energía es barata y el agua dulce es escasa. La producción de salmuera y el consumo de energía son las principales barreras para un mayor uso de la desalinización. El costo de las tecnologías de desalación también lo hace prohibitivo para los países de bajos ingresos, donde se encuentra menos del 0.1% de la capacidad de desalación global. Los costos operativos, que en su mayoría están relacionados con el uso de energía, han disminuido significativamente desde la década de 1980. La investigación y el desarrollo en la industria de la desalinización se centran en mejorar los materiales y procesos de desalinización para reducir el consumo de energía y aumentar la recuperación de agua dulce. Durante la última década, el costo de la desalinización ha disminuido hasta en un 20% en algunos lugares.

La recarga de acuíferos gestionada (MAR) es otra estrategia de gestión del agua que podría aumentar los sistemas de aguas subterráneas sometidos a estrés. Recarga artificialmente los acuíferos utilizando agua tratada para proteger el medio ambiente y la salud humana. MAR se ha implementado en todo el mundo a un ritmo acelerado desde la década de 1960, pero no ha seguido el ritmo de la creciente extracción de agua subterránea. Por sí solo, es poco probable que MAR sea una solución a la sobreexplotación de las aguas subterráneas, pero podría complementar otras medidas que conservan el agua o fomentan un uso más eficiente del agua. En algunas partes del mundo, MAR podría utilizarse para adaptarse a los efectos adversos del cambio climático. Al almacenar agua bajo tierra, reduce la cantidad de agua que se pierde por evaporación (una de las principales desventajas del almacenamiento de agua superficial).

Se espera que la demanda mundial de agua aumente significativamente durante los próximos 30 años, mientras que se espera que el suministro natural de agua se mantenga sin cambios. Podrían producirse cambios en la distribución de esa agua y provocar que algunas regiones del mundo se vuelvan más húmedas o secas de lo que son actualmente, pero el mundo necesitará desarrollar formas de utilizar el agua de manera más eficiente si el suministro se ajusta a la demanda. La desalinización, la recarga gestionada de los acuíferos y el reciclaje del agua podrían aliviar parte de la presión sobre los suministros naturales de agua, pero es poco probable que se adopten a una escala lo suficientemente grande como para evitar un aumento de la inseguridad hídrica mundial para 2050.

II.2 Consumo de agua en la industria de manufactura

La industria manufacturera y otras industrias usan agua durante el proceso de producción, ya sea para crear sus productos o para enfriar los equipos utilizados en la creación de sus productos. Según el Servicio Geológico de los Estados Unidos (USGS), el agua industrial se utiliza para fabricar, procesar, lavar, diluir, enfriar o transportar un producto.

El agua industrial y las aguas residuales son un subproducto de las actividades industriales o comerciales. Ya sean los alimentos que comemos o los productos que consumimos, el agua es necesaria para casi todos los pasos de la producción en una multitud de industrias diferentes. Las aguas residuales resultantes deben gestionarse con cuidado.

Dependiendo del producto que se fabrique y de la calidad del agua cruda en la región, se necesitarán diferentes niveles de tecnologías de tratamiento. Por ejemplo, para la industria médica, la fabricación de productos electrónicos y el procesamiento de alimentos, el agua desionizada es un ingrediente esencial. Llamada agua ultrapura (EUP), esta tiene casi todos los minerales, gas disuelto y partículas de suciedad removidas del agua que de otra manera podrían interferir con la fabricación de productos precisos y sensibles, como placas de circuito.

Mientras tanto, el agua de alimentación se utiliza en calderas y torres de enfriamiento para garantizar la eficiencia, maximizar la vida útil de la caldera y del sistema, reducir los costos de mantenimiento y mantener los niveles de rendimiento operativo.

Las industrias que tienen un alto uso de agua y necesitan tratamiento incluyen: cervecería y agua para bebidas carbonatadas; industrias lácteas; ingenios y refinerías de azúcar; fabricación de textiles; fábricas de pulpa y papel; petróleo y gas; las industrias automotriz y aeronáutica y muchas otras.

Un barómetro de los esfuerzos de sostenibilidad empresarial

Dado que muchas instalaciones industriales utilizan agua dulce para llevar los desechos de la planta a ríos, lagos y océanos, existe la responsabilidad de garantizar que los contaminantes se eliminen y minimicen.

Dada la pesada fabricación que tiene lugar, el agua industrial puede contener una multitud de contaminantes, entre ellos: plomo, mercurio, nitratos, fosfatos, azufre, aceites y productos petroquímicos.

Cuatro usos industriales del agua

Las industrias que utilizan agua pesada pueden incluir alimentos, papel, productos químicos, petróleo refinado o metales primarios. A continuación, se muestra una lista de cómo se usa el agua en varias industrias diferentes.

Uso de agua ultrapura en la fabricación de semiconductores

El agua es un componente esencial para la fabricación de semiconductores y chips que se utilizan a diario en computadoras, teléfonos celulares y automóviles. Se utiliza agua ultrapura durante todo el proceso, incluso para eliminar las impurezas de las obleas de silicio. Por ejemplo, una sola oblea de 8", que es la base de aproximadamente 100 chips, puede requerir hasta 2,000 galones de UPW. Como resultado, los productores de semiconductores se están enfocando en formas de reciclar, reutilizar y reducir la cantidad de agua necesaria para las operaciones. Un caso de estudio notable es el de la empresa estadounidense Intel, que está creando su mayor desarrollo de reutilización de agua como parte de su nueva fábrica D1X en Hillsboro.

Agua de enfriamiento

Los sistemas de enfriamiento se utilizan para eliminar el calor de los procesos o equipos. El calor extraído de un medio se transfiere a otro medio, o fluido de proceso, que con mayor frecuencia es agua. Según el Manual de tecnologías del agua de Suez, la fuerza promotora para la transmisión de calor es la diferencia de temperatura entre los dos medios, que en la mayoría de los sistemas de refrigeración está en el rango de 10 a 200

grados F. Muchas de las propiedades del agua, incluido el comportamiento de los contaminantes que contiene, se ven afectados por la temperatura. Como resultado, la tendencia de un sistema a corroerse, incrustarse o favorecer el crecimiento microbiológico también se ve afectada por la temperatura del agua.

Uso de agua en los mercados de petróleo y gas

A nivel mundial, la industria del petróleo y el gas representa menos del 5% de la extracción total, pero los sectores tienen un papel importante que desempeñar en la protección de la calidad del agua en las áreas en las que operan. El agua es una materia prima utilizada y producida en grandes cantidades en la industria petrolera, desde las actividades de extracción hasta las refinerías y petroquímicos. Los usos incluyen: agua de inyección, agua de producción, agua de proceso, aguas residuales, agua de lluvia, agua de refrigeración, agua de limpieza de tanques y otros.

Uso de agua en fábricas de pulpa y papel

A pesar de que la digitalización provocó un alejamiento de los productos impresos, el sector de la pulpa y el papel sigue siendo uno de los mayores usuarios de agua de proceso industrial en los EE. UU. Y el segundo más grande de Europa. El agua está intrínsecamente asociada con el 85% de las tres etapas de la producción de papel, a saber, la fabricación de pulpa, el procesamiento de pulpa y la fabricación de papel / cartón, y sus actividades asociadas de cocción, blanqueo y lavado. Una gran cantidad de agua consumida en la industria de la celulosa y el papel se utiliza solo para el procesamiento, lo que conduce a la generación de grandes volúmenes de aguas residuales contaminadas.

¿Qué es la contaminación industrial del agua?

Además de consumir grandes cantidades de agua dulce para la fabricación, las industrias también producen aguas residuales que a menudo contienen subproductos

de desecho que se utilizan durante el proceso. Dependiendo del país y la región, existen diferentes niveles de regulaciones que rigen lo que se puede y no se puede descargar en las vías fluviales locales. Los siguientes son algunos ejemplos del peor caso de contaminación del agua, aunque no deben leerse como una declaración general para toda la industria a nivel mundial.

Contaminación del agua en la fabricación de textiles

La fabricación de textiles ha sido llamada "uno de los mayores contaminadores del planeta", y se dice que las fábricas textiles generan una quinta parte de la contaminación del agua industrial del mundo. En China, por ejemplo, hasta el 20% de la contaminación del agua industrial del país proviene del teñido y tratamiento de textiles. Se estima que se utilizan hasta 20.000 productos químicos en todo el mundo para la fabricación de textiles.

A pesar del alto uso de agua de las plantas de producción textil, son las aguas residuales que se descargan, que pueden contener un cóctel de productos químicos, lo que también es motivo de preocupación. Estas aguas residuales pueden contener plomo, ftalatos, organoclorados y otras sustancias químicas que cuando se desechan en cuerpos de agua que eventualmente llegarán a los cuerpos de agua para su consumo, pueden causar graves problemas de salud y enfermedades en los seres humanos.

Contaminación petroquímica del agua

La refinación de petróleo ha sido una de las industrias más grandes del mundo. Sin embargo, los peligros ambientales potenciales asociados con las refinerías han causado una mayor preocupación en las comunidades, según la EPA. El proceso de refinación de petróleo implica una serie de pasos que incluyen la separación y mezcla de productos derivados del petróleo.

Las refinerías son uno de los principales contribuyentes potenciales a la contaminación del agua subterránea y del agua superficial. Algunas refinerías utilizan pozos de inyección profunda para eliminar las aguas residuales generadas dentro de las plantas, y algunos de estos desechos terminan en acuíferos y aguas subterráneas. Luego, estos desechos se regulan, según el país / región en el que opere el sitio.

Las aguas residuales de las refinerías pueden estar muy contaminadas dada la cantidad de fuentes con las que pueden entrar en contacto durante el proceso de la refinería (como fugas y derrames de equipos y la desalación de petróleo crudo). En conjunto, las fuentes de escorrentía terrestre y urbana constituyen más de la mitad de la contaminación por petróleo introducida en las aguas costeras de América del Norte debido a la actividad humana, y el 20 por ciento de la contaminación por petróleo introducida en las aguas oceánicas de todo el mundo.

Cuando las aguas residuales de estas fuentes ingresan al medio marino, suele ser a través de un estuario, un área donde el agua dulce de la tierra se mezcla con el agua de mar.

Contaminación del agua de la planta de carbón

Las centrales eléctricas de carbón han sido responsables de metales tóxicos, como arsénico, boro y mercurio, que ingresan a las vías fluviales, según el Sierra Club. En una etapa, el 72% de la contaminación tóxica del agua en los EE. UU. Provenía de centrales eléctricas de carbón. Fue en 2015 cuando la EPA emite una regla para detener las descargas en una medida que se estimó para detener la liberación de 1.400 millones de libras de metales tóxicos, nutrientes y otros contaminantes por año. Sin embargo,

bajo la administración de Trump, esta regulación se ha debilitado, según Scientific American.

II.3 Consumo de agua en la industria textil

El agua se usa ampliamente en las operaciones de procesamiento textil. Casi todos los tintes, productos químicos especiales y productos químicos de acabado se aplican a sustratos textiles en baños de agua. Además, la mayoría de los pasos de preparación de telas, incluidos el descalcificado, el desengrasado, el blanqueo y la mercerización, utilizan sistemas acuosos.

Cada proceso textil utiliza una gran cantidad de agua, que finalmente se convertirá en aguas residuales. Las fuentes más importantes de contaminación entre las diversas etapas del proceso son el pretratamiento, el teñido, la impresión y el acabado de los materiales textiles.

El desizing es la mayor fuente de contaminación de la industria. Durante el desizing, todos los tamaños utilizados durante el tejido se retiran de la tela y se desechan en las aguas residuales. Al fregar, la suciedad, el aceite y las ceras de las fibras naturales se eliminan de la tela y se lavan en la corriente de aguas residuales. Normalmente, el descalcificado y el desengrasado se combinan y estos dos procesos pueden contribuir al 50% de la DBO en las aguas residuales en el procesamiento húmedo.

Factores del consumo de agua para la industria de procesos textil:

El consumo de agua en l industria textil está relacionado con muchos factores, entre ellos:

- Tipo de fibra y operaciones específicas realizadas
- Tamaño del molino
- Tipo y antigüedad del equipo
- Tipo de operación (por lotes, semicontinua, continua)

En promedio, el 90-95% del agua utilizada por la fábrica termina como efluente. Las únicas pérdidas se deben a la producción de vapor y la evaporación de los baños calientes, las operaciones de teñido y secado. El mayor uso de agua se refiere generalmente a los productos de algodón; Las fibras sintéticas, la lana y la seda requieren menores volúmenes de agua por unidad de producto.

La cantidad de agua utilizada varía ampliamente en la industria, según los procesos específicos operados en la planta, el equipo utilizado y la filosofía de gestión predominante en relación con el uso del agua.

Las operaciones textiles varían mucho en el consumo de agua. A continuación, la figura resume el consumo de agua de varios tipos de operaciones en la industria de procesamiento textil. Los procesos de lana y tejidos de fieltro consumen más agua que otras subcategorías de procesamiento como tejidos, tejidos de punto, material y alfombras.

Tabla II.1

Uso de agua en procesamiento textil

Uso de agua en procesamiento textil			
Subcategoría	Uso de agua (gal/lb)- Mínimo	Uso de agua (gal/lb)- Mediana	Uso de agua (gal/lb)- Máximo
Algodón	13.3	34.1	78.9
Woven	0.6	13.6	60.9
Tejido	2.4	10	45.2
Carpet	1	5.6	19.5
Hilaza	0.4	12	66.9
Nonwoven	0.3	4.8	9.9
Felted fabrics	4	25.5	111.8

Fuente: <https://textilelearner.net/water-consumption-in-textile-processing-industry/>

El uso del agua puede variar también de manera significativa entre operaciones similares. Por ejemplo, las plantas de tejido tienen un promedio de 10 galones de agua por cada libra de producción, sin embargo, el uso de agua varía desde un mínimo de 2,5 galones hasta un máximo de 45,2 galones.

La industria textil es uno de los consumidores líderes de agua y se encuentra entre las diez principales industrias consumidoras de agua. La Tabla muestra el consumo aproximado de agua para el procesamiento de diversas fibras textiles.

Tabla II.2

Consumo de agua por tipo de tela

Sustrato	Consumo de agua kg/kg de tela)
Algodón	250-350
Lana	200-300
Nylon	125-150
Rayón	125-150
Poliéster	100-200
Acrílico	100-200

Fuente: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081026335000038>

Las fibras de algodón demandan la mayor cantidad de agua para su preparación. Normalmente, el consumo de agua en una planta de procesamiento es aproximadamente tres veces el consumo de todas las demás unidades juntas. El consumo de agua en la sección de blanqueo es más alto.

Tabla II.3

Consumo de agua por proceso textil

Teñido	Consumo de agua (% del total)
Blanqueo, acabado	38%
Teñido	16%
Impresión	8%
Calderas	14%
Humidificación	6%
Tejido (humidificación)	9%
Sanitario, domestico, etc.	9%

Fuente: <https://textilelearner.net/water-consumption-in-textile-processing-industry/>

El consumo de agua en el teñido continuo es bastante menor y, por esa razón, se necesita un área de membrana mucho más pequeña para eliminar el tinte de una corriente de desechos más concentrada.

La demanda de agua para el teñido por agotamiento de la celulosa con colorantes directos es mucho menor que para los colorantes reactivos y es probable que las posibilidades de reciclado sean más fáciles de realizar. Esto se debe a que los procesos de extracción usualmente necesitan mucha menos sal, no requieren álcali de fijación y logran los niveles deseados de solidez en húmedo mediante tratamientos posteriores especiales.

Los procesos convencionales de preparación de textiles, a saber, el desencajado, el desengrasado, el blanqueo y el lavado, son operaciones que consumen mucha agua y, en consecuencia, consumen mucha energía.

La industria textil de manera necesita encontrar formas de reducir su consumo de agua. Como primordial usuario y potencial contaminante del agua, la industria de procesos textiles en húmedo está sometida a una presión especial para reducir el consumo de agua tanto por motivos medioambientales como económicos. Asegurar un suministro de agua seguro y económico es imperativo estratégico para las operaciones textiles de la actualidad.

Es extremadamente importante empequeñecer el consumo específico de agua y el flujo específico de aguas residuales, respectivamente. Es incluso más importante prevenir y minimizar la contaminación de las aguas residuales mediante medidas integradas en el proceso textil y en la producción.

Capítulo III: Desarrollo del proyecto de ahorro de agua

III.1 Introducción del proyecto

Dentro de todas las plantas textiles, uno de los principales insumos es el agua, este insumo es consumido de manera intensiva y es imperativo encontrar una manera de optimizar su uso en los procesos de producción del área de teñido. El proceso de teñido consta de los siguientes pasos: preblanqueo, teñido de la fibra, jabonado, lavados y neutralizados, todos los cuales usan agua en grandes cantidades.

En la planta donde llevaremos a cabo esta estrategia, como cualquier otra textilera, se busca la mejora continua de los procesos con la optimización de recursos y disminución de costos y como parte de esta estrategia se busca la reducción de consumo de agua.

Actualmente la planta presenta un consumo de agua promedio de 67 L/kg de tela terminada y se busca con el proyecto analizar e identificar oportunidades de mejora y de reducción de consumo de agua para así disminuir este consumo promedio de agua de proceso, disminuir el pago por agua cruda, el costo por tratamiento de agua para utilizar en la planta y la cantidad de agua que se enviara a la planta de tratamiento.

Para llevar a cabo este proyecto se estará implementando el siguiente cronograma en el año 2022:

Tabla III.1

Cronograma de trabajo

Cronograma de trabajo												
Tema	Marzo (1-15)	Marzo (16-31)	Abril (1-15)	Abril (16-30)	Mayo (1-15)	Mayo (16-31)	Junio (1-15)	Junio (16-30)	Julio (1-15)	Julio (16-31)	Agosto (1-15)	Agosto (16-30)
Toma de datos												
Revisión de datos												
Diseño de experimento												
Análisis de resultados												
Pruebas con resultados obtenidos												
Análisis de resultados de pruebas												
Toma de decisión												

Fuente: Elaboración propia

III.2 Datos históricos

La realización de este proyecto no implica un costo adicional pues se estará usando personal del área técnica para las pruebas y análisis.

Se **llevó** a cabo análisis de procesos y se propuso uso de relación de baño dentro del proceso textil en los siguientes procesos: pretratamiento, teñido y lavados, esto buscando eliminar el uso de litros fijos por proceso y que los mismos cambien según la cantidad de kilogramos que tiene cada lote, todo esto sin afectar la calidad del producto final.

Dentro de los aspectos a evaluar, se revisó nivel de agua de maquina durante el proceso, presencia de nudos, nivelación de color, repetitividad del color y resistencia de color a

lavados, si todos estos parámetros están bien se marcará como “OK” en la casilla de calidad, si no se hará el comentario de que fallo y se dará seguimiento para verificar.

Se tomó la realidad del proceso que se muestra en la siguiente tabla:

Tabla III.2

Proceso actual

Proceso actual				
Color	Peso (kg)	Litros	Paso	Calidad
Red	920	6,200	Pretratamiento	OK
Black	880	6,200	Pretratamiento	OK
Navy	789	6,200	Pretratamiento	OK
Coral Silk	865	6,200	Pretratamiento	OK
Red	790	6,200	Pretratamiento	OK
Navy	854	6,200	Pretratamiento	OK
Black	760	6,200	Pretratamiento	OK
Black	960	6,200	Pretratamiento	OK
Red	920	6,900	Teñido	OK
Black	880	6,900	Teñido	OK
Navy	789	6,900	Teñido	OK
Coral Silk	865	6,900	Teñido	OK
Red	790	6,900	Teñido	OK
Navy	854	6,900	Teñido	OK
Black	760	6,900	Teñido	OK
Black	960	6,900	Teñido	OK
Red	920	6,500	Lavado	OK
Black	880	6,500	Lavado	OK
Navy	789	6,500	Lavado	Nudos
Coral Silk	865	6,500	Lavado	OK
Red	790	6,500	Lavado	OK
Navy	854	6,500	Lavado	OK
Black	760	6,500	Lavado	OK
Black	960	6,500	Lavado	OK

Fuente: Elaboración propia

III.3 Project Charter del Proyecto

De acuerdo con los requerimientos para creación de proyectos dentro de las empresas se textiles para la implementación de este proyecto se crea un Project Charter que va como sigue:

Tabla III.1

Project charter de proyecto

PROJECT CHARTER

LEAN SIX SIGMA

CBS-QMF-001 / Rev.3 / 11-Jan-16

Ahorro de Costos Mejora de Procesos Mejora de Producto o Calidad

Pág. 1 de 4

Declaración de Proyecto	
1. Qué está ocurriendo, qué está mal o no está funcionando correctamente?	Las desviaciones de inventario de químicos consumidos en el blanqueo no se estabilizan y se mantienen altas.
3. Dónde está ocurriendo el problema?	Almacén de químicos de teñido.
4. Por qué usted cree que está ocurriendo el problema?	La relacion de baño para el blanqueo y teñido es fija, no varía según el peso del lote a producir y esto genera un desperdicio de químico innecesario.
5. Cómo usted va a mejorar el problema?	Cambiando las fórmulas, recetas y procesos para fijar la relación de baño y las cantidades de químicos y agua varíe según peso del lote manteniendo los gramos por litro de las formulas de proceso.
Impacto al Negocio	
2. Cuáles son los gastos que requiere el Proyecto? Inversión estimada.	NA
3. Cuál es el riesgo de no hacer el Proyecto?	Costos operacionales no precisos. Inestabilidad de las desviaciones de costos. Posibles conclusiones incorrectas sobre causas de las desviaciones.
4. Cuándo se implementará el Proyecto y se reflejarán los beneficios esperados?	Terminara de implementarse entre Agosto-Septiembre 2021
5. Este proyecto está atado a otro?	No
Metas/ Métricos	
1. Cuáles son los objetivos de mejora y las metas propuestas?	Ahorro de consto en químicos y reducción de consumo de agua.
2. Cómo será medido el éxito del Proyecto?	Disminución de la desviación de inventario de químicos utilizados en el blanqueo.
3. Cual parámetro específico será medido?	Comparacion de la cantidad de agua y químicos empleados en una receta antes y despues del cambio a relación de baño fija.
Miembros del equipo	
1. Cuáles áreas/ Dptos. deben estar representadas en el equipo?	Departamento Tecnico

Fuente: Elaboración propia

III.4 Pruebas y resultados

Luego se realizaron pruebas donde se utilizaron varias relaciones de baño, es decir una cantidad de agua por kg de tela producido, y se determinó que para un proceso correr de manera eficiente se podría utilizar una relación de baño de 6, de ahí se hicieron 15 lotes con esta relación y se procedieron a evaluar los parámetros calidad mencionados antes. Ver tabla: **Tabla III.3**

Pruebas y proceso sugerido

Proceso Nuevo (Sugerido)					
Color	Peso (kg)	Relación de baño a utilizar	Litros	Paso	Calidad
Red	936	6	5,148	Pretratamiento	OK
Black	769	6	4,230	Pretratamiento	OK
Navy	780	6	4,290	Pretratamiento	OK
Coral Silk	795	6	4,373	Pretratamiento	OK
Red	786	6	4,323	Pretratamiento	OK
Navy	883	6	4,857	Pretratamiento	OK
Black	894	6	4,917	Pretratamiento	OK
Black	917	6	5,044	Pretratamiento	OK
Red	907	6	5,261	Teñido	OK
Black	911	6	5,284	Teñido	OK
Navy	804	6	4,663	Teñido	OK
Coral Silk	857	6	4,971	Teñido	OK
Red	811	6	4,704	Teñido	OK
Navy	802	6	4,652	Teñido	OK
Black	773	6	4,483	Teñido	OK
Black	951	6	5,516	Teñido	OK
Red	888	7	6,216	Lavado	OK
Black	856	7	5,992	Lavado	OK
Navy	762	7	5,334	Lavado	Nudos
al Silk	761	7	5,327	Lavado	OK
Red	847	7	5,929	Lavado	OK
Navy	763	7	5,341	Lavado	OK
Black	968	7	6,776	Lavado	OK
Black	813	7	5,691	Lavado	OK

Fuente: Elaboración propia

Luego de realizar estas pruebas y analizando la data encontrada tenemos las siguientes conclusiones:

Tabla III.4

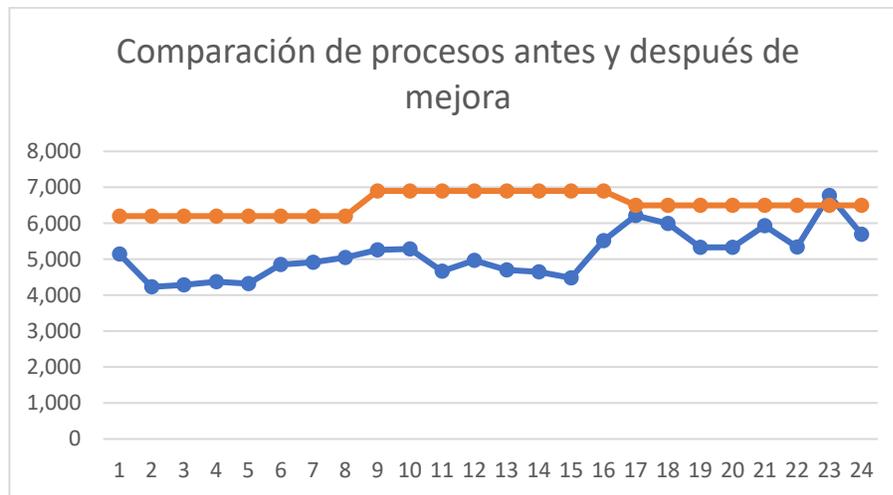
Resultados

Tema	Actual	Sugerido
Cantidad de kilogramos totales	20,454	20,234
Litros totales	156,800	123,319
Relación de baño	7.67	6.09
% Reducción	20%	

Fuente: Elaboración propia

Imagen III.2

Comparación de procesos



Fuente: Elaboración propia

Esto quiere decir que por cada uno de los procesos mencionados antes se estaría disminuyendo un promedio de 20% de agua o 1.67 Litros cada Kilogramo en los procesos de pretratamiento, teñido y lavados. Que significarían un ahorro de 1,753 m3 de agua semanales. Ver tabla para ahorros esperados:

Tabla III.5

Ahorros esperados

Ahorro semanal de agua	
Costo de agua US\$/m ³	\$ 0.22
Ahorro de agua m ³ /semanal	1,753.00
Ahorro semanal por consumo de agua	\$ 385.66
Costo de tratamiento de agua residual	\$ 0.59
Ahorro por disminución de agua residual	\$ 1,025.51
Total de ahorro semanal (US\$)	\$ 1,411.17

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones y recomendaciones

La conclusiones y recomendaciones que podemos sacar de este la realización de este proyecto son:

1. Es posible buscar una manera de disminuir el uso excesivo de agua que se está viendo en las industrias textiles.
 - a. Recomendación: todas las plantas textiles deben estudiar los diferentes procesos textiles para asegurar el uso óptimo de agua en cada proceso y el no desperdicio.

2. Es necesario conocer los procesos a fondo para poder lograr una disminución del consumo de agua.
 - a. Recomendación: Se debe analizar de manera detallada el proceso completo de producción para así asegurar la optimización de consumo de agua dentro de las plantas textiles.

3. Se puede lograr disminuir el consumo de agua sin afectar la calidad del producto.
 - a. Recomendación: Analizar procesos de teñido e identificar etapas donde sea posible la reducción de agua, mediante pruebas y seguimiento de todos los parámetros que puedan ser afectados durante la aplicación del proyecto.

4. El alto consumo de agua de una planta textil afecta la disponibilidad de agua potable del país donde opera.
 - a. Recomendación: Luego de conocer el consumo total de agua de la planta se debe identificar las áreas donde se está usando y cuantificar la posible reducción de este consumo mediante pruebas.

5. Las plantas textiles presentan una alta tasa de descarga de aguas residuales. Las aguas residuales al salir del proceso pasan a un proceso de tratamiento este presenta un costo para la operación y es necesario seguir este proceso para cumplir con normativas medio ambientales.
 - a. Recomendación: Todas las plantas textiles deben tener un proyecto de reducción de consumo de agua para lograr ser más amigables al medio ambiente y lograr la continuidad del negocio.

Bibliografía

- AquaTech. (2019, May 29). *INDUSTRIAL WATER: OUR ESSENTIAL GUIDE TO POLLUTION, TREATMENT & SOLUTIONS*. Retrieved from AquaTech:
<https://www.aquatechtrade.com/news/industrial-water/industrial-water-essential-guide/>
- Ayaz Shaikh, M. (2009). *Water conservation in textile industry*. Pakistan: MPDI.
- Benson, S. (2018, March 22). It Takes 2,720 Liters Of Water To Make Just One T-Shirt. *Refinery 29*.
- Candela, L. (2010). *Textile Manufacturing*. Retrieved from Lumen - Boundless World History:
<https://courses.lumenlearning.com/boundless-worldhistory/chapter/textile-manufacturing/>
- Club, T. c. (2019, May 15). *Water & Clothing*. Retrieved from The conscious challenge:
<https://www.theconsciouschallenge.org/ecologicalfootprintbibleoverview/water-clothing>
- Consejo Nacional de Zonas Francas de Exportacion*. (n.d.). Retrieved from Historia:
<https://cnzfe.gob.do/index.php/es/sobre-nosotros/historia#:~:text=Las%20Zonas%20Francas%20Industriales%20empiezan,fundamentalmente%20en%20el%20sector%20azucarero>
- Consejo Nacional de Zonas Francas de Exportacion*. (n.d.). Retrieved from Quienes somos:
<https://cnzfe.gob.do/index.php/es/sobre-nosotros/quienes-somos>
- Hadley Dalton, M. F.-M. (n.d.). *Textiles*. Brown University x TNFI Research Project.
- Islam Kiron, M. (2014, April 27). *Water Consumption in Textile Processing Industry*. Retrieved from Textile Learner: <https://textilelearner.net/water-consumption-in-textile-processing-industry/>
- Kant, R. (2012). Textile dyeing industry an environmental hazard. *Natural Science*, Vol. 4 No. 1.
- Kartrick, S., Pintu, P., Samanta, P., & Santanu, B. (2019, December). *Water consumption in textile processing and sustainable approaches for its conservation*. Retrieved from Science Direct:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780081026335000038>
- Mervyn Piesse, R. M. (2020, February). *Global Water Supply and Demand Trends Point Towards Rising Water Insecurity*. Retrieved from Future Directions International:
<https://www.futuredirections.org.au/publication/global-water-supply-and-demand-trends-point-towards-rising-water-insecurity/>

- Ministerio de Industria, comercio y mipymes.* (n.d.). Retrieved from Historia:
<https://micm.gob.do/nosotros/historia>
- Pavithra, A. I. (2019). *Water in Textiles and Fashion- Consumption, Footprint, and Life Cycle Assessment.*
- Roser, H. R. (2015). *Water Use and Stress.* Retrieved from Our World in Data:
<https://ourworldindata.org/water-use-stress>
- TEAM, F. N. (2020). Uso y Tratamiento del Agua en la Industria Textil. *FLUENCE*, 10-13.
- Valencia, M. F. (2016). *HISTORIA DESARROLLO E IMPACTO DE LAS ZONAS FRANCAS Y ADUANAS EN COLOMBIA Y PERÚ.* Peru : Universidad libre seccional Pereira.
- Varadarajan, G. V. (2016). Sustainable textile dyeing processes. *Environ Chem Lett*, 113-122.
- Water usage in Textile Manufacturing .* (n.d.). Retrieved from Economics of water:
<https://economicsofwater.weebly.com/water-usage-and-the-textile-industry.html>
- Worldometers. (2021, June). *Worldometers.* Retrieved from Water:
<https://www.worldometers.info/water/>

Anexos

Anexo 1. Anteproyecto



UNIVERSIDAD APEC

DECANATO DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN GERENCIA Y PRODUCTIVIDAD

TALLER DE TRABAJO FINAL – MGP505-16051-001

**Desarrollo de un proyecto de ahorro de agua en una planta textil en el sector de
zonas francas**

Presentado por:

Ana Ibete Rodríguez

2019-1983

Profesor:

Fidias Augusto Mejía

Santo Domingo de Guzmán, D. N.

Abril de 2021.

Indicé

Introducción	74
Planteamiento del problema	75
Descripción del problema.....	75
Formulación del problema.....	76
Sistematización del problema	77
Delimitación del problema	78
Objetivos	79
Justificación de la investigación.....	80
Marco teórico	81
Antecedentes teóricos	81
Antecedentes históricos	83
Marco conceptual.....	85
Glosario de términos.....	88
Marco contextual	90
Tipo de investigación	91
Método de investigación	91
Técnicas de investigación	92
Instrumentos de investigación	92
Conclusiones y recomendaciones.....	93
Bibliografía	94

Introducción

La presente investigación trata sobre la realización de un proyecto de reducción de consumo de agua en una planta textil en el sector de zona francas, la misma pretende presentar una vista general de cómo trabajan las plantas textiles y cuál es su consumo promedio de agua.

La característica principal una planta de textiles es su alto consumo de agua para el proceso de producción de prendas y la necesidad que ella presenta de tratar toda esta agua residual luego del proceso textil.

Para analizar esta problemática se toma en cuenta estudios, libros e investigaciones sobre esta industria y se presentan datos de consumo promedio de agua para la industria, además durante el proceso de investigación se estará viendo la manera en que se realizará este proyecto y los resultados esperados. Dentro de este trabajo se presenta el planteamiento del problema donde vemos la descripción del problema, la delimitación del problema y también las respuestas que se estarán respondiendo durante el desarrollo de este proyecto.

Desarrollo de un proyecto de ahorro de agua en una planta textil en el sector de zonas francas

Planteamiento del problema

Descripción del problema

En el siguiente enunciado se presentan las razones que nos impulsan a realizar la siguiente investigación, planteando la reducción de la utilización de agua en una planta textil.

Este consumo representa un problema debido a que el agua es un recurso finito y al ser un elemento limitado debe ser aprovechado de la mejor manera posible. Otro problema que se presenta es que en este tipo de industrias existe un alto consumo de agua necesario para su operación normal.

En esta investigación no solo vemos el problema de costos operacionales referentes al uso del agua (pago a la CAASD, tratamiento de agua para uso en la planta y tratamiento de efluentes a la salida de la planta) que son muy altos, sino también el impacto ambiental que representa, y por lo tanto se decide iniciar con el proyecto que se presenta más adelante.

Formulación del problema

A manera de conocer más a fondo el motivo de realizar el proyecto de ahorro de agua en una planta textil, se plantean las siguientes preguntas:

¿Cuál sería la producción de agua potable en la Republica Dominicana?

¿Por qué es tan alto el consumo de agua en una planta textil?

¿Cuáles serían las vías más apropiadas para asegurar el ahorro de agua en una planta textil?

¿Por qué es necesario disminuir el consumo de agua en las plantas textiles?

¿Qué métodos podríamos usar para ahorrar agua en una planta textil?

¿Qué cosas, dentro del proceso de producción, debo tomar en consideración para lograr una disminución de consumo de agua en una planta textil?

Sistematización del problema

El modelo para usar en este proyecto contiene las siguientes partes:

Hipótesis: La ausencia de proyectos de ahorro de agua en las plantas textiles del sector de zonas francas atenta contra el desarrollo de dichas organizaciones.

Variable independiente: Desarrollo de proyecto de ahorro de agua en la planta de zona franca.

Variable dependiente: Bajo desarrollo de las industrias textiles.

Indicadores: % de cumplimiento de proyecto de ahorro, disminución de litros de agua consumidos en el área de teñido, disminución de libras de vapor por kilo compactado, ahorro en dólares de la cantidad de agua no consumida y disminución de litros de agua que va a la planta de tratamiento de aguas residuales.

Delimitación del problema

Se estará realizando una investigación para poder completar un proyecto de ahorro de agua en el área de teñido de una planta textil. Se estará investigando el proceso de teñido para identificar los procesos que permiten la reducción de agua sin afectar la calidad de los productos realizados en la planta de producción.

Esta investigación y todas las pruebas deben tener como resultado la reducción de agua dentro del proceso sin presentar un riesgo a la calidad del producto o alguna queja de cliente.

La característica que debe tener el proceso a investigar es que la planta textil trabaje con colorantes reactivos y con algodón como base del teñido.

El periodo en el que se estará trabajando el proyecto entre Q1 y Q2 del 2021 en República Dominicana.

Objetivos

Objetivo general

Desarrollar un proyecto de ahorro de agua en una planta textil con fines de disminuir el costo operativo terminando en junio 2021.

Objetivos específicos

Disminuir el consumo de agua en el área de teñido mediante el análisis del proceso y experimentación en diferentes colores asegurando la calidad del producto.

Reducir el costo operacional relacionado a consumo de agua en el área de teñido.

Reducir los efluentes que van hacia la planta de tratamiento de agua a razón de la disminución del agua que entra al proceso de teñido.

Justificación de la investigación

El alto consumo de agua en nuestro país, en especial desde la parte industrial, se vuelve cada día un tema más preocupante para nuestra sociedad, debido a que el agua potable disponible para el uso humano es cada vez menor y la búsqueda de una forma de eficientizar y disminuir este consumo se vuelve un asunto cada vez más urgente.

Las plantas textiles son conocidas como industrias de alto consumo de agua, donde según Environmental Justice Foundation, para producir una camiseta se necesitan unos dos mil novecientos litros de agua.

La presente investigación se enfocará en tratar de disminuir el consumo de agua del proceso de teñido de una planta textil, mediante la experimentación y optimización del uso de esta en el proceso, logrando así, a parte de la disminución de los litros de agua consumidos, la disminución del agua enviada a tratamiento por contaminación del proceso.

Al culminar este proyecto se pretende optimizar el consumo de agua en una planta textil, así logrando disminuir el impacto ambiental, reducir el consumo de agua y mejorar el costo operacional de una industria manufacturera textil.

Marco teórico

Antecedentes teóricos

Las industrias textiles consumen grandes cantidades de agua en todos los procesos de fabricación textil, 3250 litros por camiseta según WWF (antes conocida como Fondo Mundial para la Naturaleza). Según la revista “Textile dyeing industry an environmental hazard” (Kant, 2012), casi todos los tintes y productos químicos se aplican a los textiles en baños de agua. Los pasos de preparación, como el descalcificado, el descrude, el blanqueo y la mercerización, a menudo utilizan sistemas acuosos. Las industrias textiles se destacan por su uso local de suministro de agua y la producción de aguas residuales, estas contienen grasas, aceites, colorantes y otros productos químicos que se agregan en varios pasos y que se envían a un tratamiento de aguas residuales que usualmente es muy demandante, tanto en dinero como en tiempo de tratamiento. La cantidad de agua varía ampliamente en diferentes industrias y también depende del proceso específico. La adaptación de tecnologías y procesos amigables con el agua sigue siendo un desafío para la industria textil, ya que el método de producción y la cantidad de uso del agua varían.

De acuerdo con el libro (Water usage in Textile Manufacturing , n.d.) en su primera edición de Wat los efluentes textiles se caracterizan por una alta demanda química de oxígeno, demanda biológica de oxígeno, sólidos disueltos totales, pH y color. Los pasos de preparación de la tela, como el desencadenamiento, el descrude, el blanqueado y la mercerización, utilizan varios productos químicos y mucha agua. La presencia de colorantes no fijados y otros electrolitos en los efluentes plantea serias amenazas al medio ambiente. Los procedimientos de tratamiento de aguas residuales son muy costosos; de ahí que un gran número de industrias en pequeña escala sucumban a este problema.

Por lo general, según (TEAM, 2020) en la revista Uso y Tratamiento del Agua en la Industria Textil los contaminantes encontrados en los efluentes de los textiles incluyen lo siguiente:

Concentraciones de compuestos orgánicos o inorgánicos no biodegradables como metales, tintes, fenoles, pesticidas, fosfatos y surfactantes.

Concentraciones elevadas de sólidos suspendidos totales (SST)

Demanda biológica alta de oxígeno (DBO).

Demanda química alta de oxígeno (DQO)

Altos niveles de sólidos disueltos totales (TDS).

Donde se considera que los tintes se encuentran entre los contaminantes más dañinos.

El agua total utilizada en todas las fases de producción debe considerarse al calcular una huella hídrica. En el procesamiento textil, el agua virtual se evapora o se contamina demasiado para el uso humano. En la India, por ejemplo, producir un kilo de algodón requiere un promedio de 22.500 L (aproximadamente 6.000 galones) de agua, pero estos grandes requerimientos de agua para producir fibras a menudo se descuidan durante el cálculo de la huella hídrica del procesamiento textil.

En respuesta al uso del agua y la contaminación por parte de la industria textil, muchas corporaciones han comenzado a investigar más soluciones alternativas. Las mediciones de índices sostenibles de la producción textil tienen en cuenta el agua total utilizada en la producción, cualquier contaminación resultante y los impactos humanos y de salud generales que resultan de la producción. Estas transiciones han sido impulsadas en gran medida por los consumidores y han enfatizado la importancia de la conservación del agua y el tratamiento de desechos. Sin embargo, el tratamiento de los grandes volúmenes de efluentes generados por la fabricación de textiles requiere cantidades significativas de productos químicos de tratamiento, altos costos operativos y recargos, gastos de eliminación de lodos y requisitos de energía.

Por lo tanto, encontrar un proceso alternativo de producción textil ecológico o una forma de disminuir el consumo de agua es de suma importancia. En esta investigación revisaremos una forma de reducción que pueda ser aplicables a los

procesos de teñido de textiles para minimizar el consumo de sal y agua que van a tratamiento.

Datos interesantes:

3250 litros: cuánta agua se necesita para producir el algodón necesario para una camiseta, es decir, casi tres años de agua potable. (WWF).

8183 litros: los galones de agua para cultivar suficiente algodón para producir solo un par de jeans. (Tree Hugger).

113 mil millones de litros: el agua necesaria para la producción textil mundial de un año (incluido el cultivo del algodón). (Fundación Elle MacArthur).

5,9 billones de litros: la cantidad de agua que se utiliza cada año solo para teñir telas. (World Resources Institute).

Antecedentes históricos

La industria textil es la industria original en desarrollarse de hecho, la producción de telas era desde hacía siglos una importante actividad económica en Gran Bretaña, tanto de

tejidos elaborados a partir de lana como de algodón. Buena parte de esa producción se

basaba en el llamado sistema doméstico. Precisamente la industrialización significará el paso

progresivo de la producción artesanal en el ámbito doméstico mediante la utilización de

herramientas o máquinas muy sencillas a la producción en grandes factorías con decenas de

telares movidos con energía hidráulica o por medio de máquinas de vapor. Sin embargo, es ahí donde surge el del problema de agua, pues esta industria necesita grandes cantidades de agua, la respuesta, por ejemplo, de Uzbekistán al problema de

consumo de agua de su cultivo de algodón fue desviar las fuentes de agua dulce que desembocaban en el mar de Aral y así regar sus cultivos. El mar de Aral fue una vez el cuarto lago más grande del mundo, pero entre la década de 1950, cuando comenzó la práctica, y 1997, se había reducido al 10% de su tamaño original. En 2014, la NASA publicó imágenes de satélite que mostraban que se había secado por completo. Las comunidades a orillas del mar de Aral se encontraron sin pescado para alimentarse u obtener ingresos y tuvieron que lidiar con el cóctel salado, infundido con químicos y pesticidas creados por el lecho seco del lago, que sopló en las aldeas cercanas y causó cáncer. y enfermedad pulmonar.

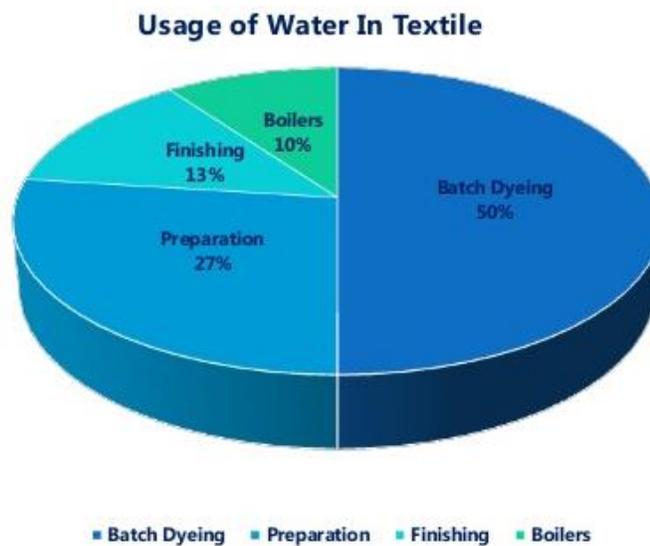
En junio del 2017, un informe de Changing Markets destacó el problema de contaminación por producción de rayón. Los pueblos río abajo de las fábricas que abastecían a los minoristas de moda rápida se tambaleaban a orillas de ríos negros podridos, surcados de rojo y, a veces, espesos de espuma.

El mismo informe de Changing Markets del 2017 encontró que, solo en 2015, la industria de la moda consumió 79 mil millones de metros cúbicos de agua, suficiente para llenar 32 millones de piscinas olímpicas. Se espera que esa cifra aumente en un 50% para 2030. Es una cantidad asombrosa ya que los recursos hídricos de la Tierra se están agotando.

De acuerdo con (Pavithra, 2019) en su libro *Water in textiles and Fashion* si la población mundial aumenta como se espera a 8.500 millones de personas para 2030, se proyecta que el consumo total de prendas de vestir aumentará en un 63%, de 62 millones de toneladas en la actualidad a 102 millones de toneladas en 2030. Esto significa que la demanda de ropa aumentará a un ritmo alarmante.

Marco conceptual

El alto consumo de agua de las industrias textiles es de las principales preocupaciones en términos de cuidado de medio ambiente, pero ¿dónde estamos consumiendo el agua en estas industrias? El siguiente grafico muestra los consumos de agua según los procesos que se requieren para la terminación de la prenda:



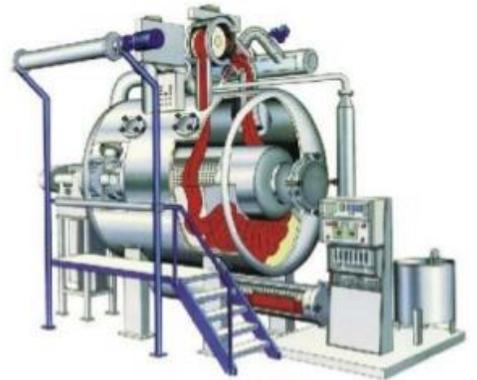
Como se puede observar el 50% de toda el agua usada en el proceso se usa en el teñido del lote, de ahí que este proyecto busca la reducción del consumo de agua en este proceso.

El teñido de la tela de algodón consiste en los siguientes procesos: pretratamiento, teñido del algodón, jabonado y neutralizado del mismo todo esto pasando por varios procesos de lavados y luego pasar a los procesos de acabado de la tela.



Este proyecto se estara enfocando en la reduccion de agua en la etapa de teñido.

Study On Reducing Water Consumption In Textile



De manera que al disminuir el agua en la etapa de teñido también reducimos la cantidad de agua residual que sale con la mayor cantidad de carga química y disminuye el costo de tratamiento de estas aguas.

Para buscar la forma de reducción de agua en este proceso se realizarán pruebas en los procesos de producción reduciendo las relaciones de baño hasta encontrar el punto óptimo, donde use la menor cantidad de agua posible sin afectar la calidad de las telas.

Glosario de términos

A continuación, veremos los conceptos más utilizados en este anteproyecto:

Proceso de Dyeing/Teñido: es un proceso de carácter químico en el que se agrega un colorante a las telas y otros materiales, con el fin de que esta sustancia se transforme en parte del textil y tenga un color diferente algo original.

Pretratamiento: es el proceso usado para preparar el material textil crudo utilizado en los procesos subsiguientes tales como tintura (teñido), estampación, blanqueo óptico y acabado.

Jabonado: proceso encargado de eliminar el colorante residual de la tela para asegurar el proceso del color y la calidad de la tela.

Proceso de acabado de la tela: es cualquier proceso realizado sobre una fibra, un hilo, una tela o una prenda con el fin de modificar algunas de sus características, como: apariencia (lo que se ve), tacto (lo que se siente), o comportamiento (lo que se hace).

Tratamiento de aguas: consiste en una serie de procesos físicos, químicos y biológicos que tienen como fin eliminar los contaminantes presentes en el agua, efluente del uso humano o de otros usos.

Colorantes: Sustancia soluble en agua, capaz de teñir y dar un nuevo color a un tejido, alimento, etc.; puede ser de origen natural o sintético.

Aguas residuales: cualquier tipo de agua cuya calidad se vio afectada negativamente por influencia antropogénica. Las aguas residuales incluyen las aguas usadas,

domésticas, urbanas y los residuos líquidos industriales o mineros eliminados, o las aguas que se mezclaron con las anteriores (aguas pluviales o naturales).

Relación de baño: son las proporciones de agua que se utilizan en el proceso relacionándolo con los kilogramos de tela en producción, usualmente se maneja en litros/kilogramo.

Marco contextual

Este trabajo es realizado para el universo de plantas de manufactura textiles que operan en los parques de zona franca de Republica Dominicana y se estará aplicando en una planta textil encargada del teñido de prendas principalmente de algodón. La muestra para utilizar será la producción total de colores dentro de la empresa, es decir todo proceso que pase por el paso de teñido con colorante, que representa alrededor de un 72% de la producción total de la planta.

El proyecto será desarrollado por el equipo técnico de la empresa en donde se estará aplicando el mismo y estará siendo desarrollado durante los meses de marzo a junio del 2021.

Tipo de investigación

El tipo de investigación a realizar para esta investigación será la aplicada pues se intenta resolver un problema específico, siendo nuestro problema el alto consumo de agua en las plantas textiles y buscando disminuir el mismo. Este tipo de investigación fue seleccionado pues es el que ayuda de mejor manera a identificar el problema y resolver la situación presentada en la planta.

Método de investigación

El método de investigación a utilizar será el sintético pues se pretende analizar las partes de los procesos de teñido identificando las oportunidades donde se pueden mejorar y lograr la disminución del consumo del agua en la planta completa.

Técnicas de investigación

Las técnicas de investigación a utilizar serán: análisis de procesos para identificar cantidad mínima de agua posible a utilizar, diseño de experimento, pruebas de color fastness para asegurar calidad de producto, análisis de laboratorio de agua de descarga, análisis estadístico de nudos, auditoria física de tela terminada, revisión de parámetros de proceso de teñido, como son pH, concentración de sal y tonalidad de color, y entrevistas a los operadores.

Instrumentos de investigación

Los instrumentos que serán utilizados durante esta investigación son:

Hoja de control

Excel

Minitab

Check list

Computadora

Bolígrafo

Cuadernos

Refractómetro

Espectrofotómetro

Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones y recomendaciones que podemos sacar de esta realización de este anteproyecto son:

Es necesario buscar una manera de disminuir el uso excesivo de agua que se está viendo en las industrias textiles.

Recomendación: se deben estudiar los diferentes procesos textiles para asegurar el uso óptimo de agua en cada proceso y el no desperdicio.

Es necesario conocer los procesos a fondo para poder lograr una disminución del consumo de agua.

Recomendación: Se debe analizar de manera detallista el proceso completo de producción para así asegurar la mayor cantidad posible de reducción de agua.

Es posible encontrar maneras de reducir el consumo de agua de manera que no afecte el producto final.

Recomendación: Analizar procesos de teñido e identificar etapas donde sea posible la reducción de agua.

El alto consumo de agua de una planta textil afecta la disponibilidad de agua potable del país donde opera.

Recomendación: Se debe conocer la cantidad de agua total que usa la planta para poder cuantificar el efecto que tiene la industria.

Las plantas textiles presentan una alta tasa de descarga de aguas residuales. Las aguas residuales al salir del proceso pasan a un proceso de tratamiento este presenta un costo para la operación y es necesario seguir este proceso para cumplir con normativas medio ambientales.

Recomendación: Es necesario realizar el proyecto de reducción de consumo de agua y así también se verá una reducción en el costo de tratamiento de agua residual.

Bibliografía

Benson, S. (2018, March 22). It Takes 2,720 Liters Of Water To Make Just One T-Shirt. *Refinery 29*.

Club, T. c. (2019, May 15). *Water & Clothing*. Retrieved from The conscious challenge:
<https://www.theconsciouschallenge.org/ecologicalfootprintbibleoverview/water-clothing>

Hadley Dalton, M. F.-M. (n.d.). *Textiles*. Brown University x TNFI Research Project.

Kant, R. (2012). Textile dyeing industry an environmental hazard. *Natural Science*, Vol. 4 No. 1.

Pavithra, A. I. (2019). *Water in Textiles and Fashion- Consumption, Footprint, and Life Cycle Assessment*.

TEAM, F. N. (2020). Uso y Tratamiento del Agua en la Industria Textil. *FLUENCE*, 10-13.

Varadarajan, G. V. (2016). Sustainable textile dyeing processes. *Environ Chem Lett*, 113-122.

Water usage in Textile Manufacturing . (n.d.). Retrieved from Economics of water:
<https://economicsofwater.weebly.com/water-usage-and-the-textile-industry.html>