Universidad Mayor de San Andres
Facultad de Ingeniería
Carrera de Ingeniería Industrial

REVISTA INDUSTRIAL 4.0

Edición Digital Nro. 4

Mayo 2022

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

M.Sc. Oscar Arnaldo Heredia Vargas — Rector
Phd. Maria García Moreno — Vicerectora
Ing. José Alberto Vásquez — Decano a.i. Facultad de Ingeniería
Ing. Teodoro Busch Dekovice — ViceDecano a.i. Facultad de Ingeniería
Ing. Franz José Zenteno Benitez — Director de Carrera Ingeniería Industrial

Revista Industrial 4.0
Edicion Impresa N° 4 Mayo 2022

Comite Editor:
Ing. Fernando Sanabria Camacho
Ing. Grover Sanchez Eid
Ing. Mario Zenteno Benitez
Ing. Oswaldo Terán Modragón
Ing. Mónica Lino Humerez

Diseño Versión Impresa & Web:
Ing. Enrique Orosco Crespo

Imprenta:
Walking Graf

Deposito Legal:
4-3-68-20

Web:
http://industrial.umsa.bo/revistaindustrial-40
Email:
revistaindustrial4.0@umsa.bo

Dirección:
Av. Mcal. Santa Cruz, Plaza Del Obelisco.
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería.
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402

PRESENTACIÓN

Con mucho orgullo presento el cuarto número de la revista Industrial 4.0, que responde al trabajo desarrollado por el Comité Editor y la contribución permanente de Investigadores docentes y universitarios que desarrollan sus actividades en diferentes áreas del conocimiento de la ingeniería. La regularidad de la publicación permite cumplir con los objetivos que tiene una carrera universitaria integrada: fomentar la investigación en todos los niveles de formación y difundir el trabajo multidisciplinario que llevan adelante.

Ing. MBA. Franz José Zenteno Benitez
DIRECTOR
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL

Es importante que una investigación deba presentar alternativas de soluciones a problemas identificados, las que deben integrar los conocimientos tecnológicos especializados de los ingenieros en las diferentes áreas y no descuidar la opinión de la población la que es al final su beneficiaria.

Fomentar la investigación en la comunidad universitaria es un objetivo que tiene la carrera de Ingeniería Industrial conjuntamente con sus tres institutos de investigación y la unidad de posgrado; todos los graduados desarrollan actividades no curriculares de investigación como requisito previo la titulación, participan en forma activa en los diferentes proyectos que llevan adelante los investigadores, y como resultado varios trabajos son publicados por este medio.

En el presente número se toca temas relacionados con la construcción, industria de alimentos, seguridad industrial y salud ocupacional, ingeniería de mantenimiento y ecología; temas muy diversos pero que hacen a las diferentes áreas de formación de un ingeniero. Agradecer a los todos los que postularon y presentaron sus artículos para la divulgación.

Reiterar los agradecimientos a los miembros del Comité Editor, que de manera desinteresada dan su tiempo para revisar y aprobar los documentos que atienden la convocatoria que se realiza oportunamente.

Ing. MBA. Franz José Zenteno Benítez
DIRECTOR
INGENIERÍA INDUSTRIAL

Artículo Reg. 034
Revista Industrial 4.0 Año 3 N°4,2022
industrial.umsa.bo/revistaindustrial-40
revistaindustrial4.0@umsa.bo

INDUSTRIA ECOINTELIGENTE
UNA NUEVA PERSPECTIVA DE DESARROLLO

Oliver Fernando Cabrera Morales, ORCID 0000-0001-5884-9507
Ingeniería Industrial, Universidad Mayor de San Andrés
ofcabrera@umsa.bo
celular: 65175432

Yussef Canido Botello, ORCID 0000-0002-9369-267X
Ingeniería Industrial, Universidad Mayor de San Andrés
ycanido@umsa.bo
celular: 69761515

Recibido: 4 de marzo; aprobado: 6 de mayo

RESUMEN

El presente articulo parte de una integración de conceptos de acuerdo a los pilares de la Industria 4.0, ecología industrial, desarrollo sostenible y medio ambiente, estos conceptos tienen fundamentos prácticos de aplicación en diferentes ámbitos industriales que ayudan al desarrollo de diferentes regiones, tomando en cuenta una sola perspectiva, la cual se basa en generar bienestar común. Se explica como los objetivos de desarrollo sostenible (ODS) que son parte de la Agenda 2030 de la Organización de las Naciones Unidas (ONU) tienen su incidencia y profunda relación en la Agenda Patriótica 2025 - Plan de Desarrollo General Económico y Social para el Vivir Bien (PDGES) de Bolivia. El análisis sectorial en Bolivia muestran el contexto productivo que existe de acuerdo a la participación de la industria manufacturera en el PIB nacional, también se detallan los ICA (Índices de contaminación atmosférica) en toda Bolivia, al lado de ello se explica como la Industria Eco-Inteligente es capaz de cumplir con estas metas nacionales e internacionales tal como el caso del parque industrial Kalundborg situado en Dinamarca, esto lleva a mencionar estrategias de aplicación como ser la Integración en el sistema natural, Sistemas energéticos, Flujo de materiales y gestión de residuos, Agua, Gestión e Integración en la comunidad, mencionadas estrategias tienen el fin de alcanzar la Industria Eco-Inteligente en Bolivia obteniendo nuevos beneficios significativos tras su aplicación.

PALABRAS CLAVE:

1. **Ecología industrial**: La ecología industrial es una propuesta de alternativa técnica y socio-económica que presenta una metáfora del sistema industrial basada en los ecosistemas.
2. **Desarrollo Sostenible:** Busca satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las posibilidades de las generaciones del futuro, contando con tres factores claves: sociedad, economía y medio ambiente.
3. **Medio ambiente:** Es el conjunto de componentes físicos, químicos, biológicos, de las personas o de la sociedad en su conjunto.
4. **Industria 4.0:** Implica la promesa de una nueva revolución que combina técnicas avanzadas de producción y operaciones con tecnologías inteligentes que se integrarán en las organizaciones, las personas y los activos.
5. **Kalundborg**: Es un municipio costero de Dinamarca, a unos 100 km al oeste de Copenhague, con una población de aproximadamente 16.000 habitantes. Además de ser un destacado puerto de mercancías danés, tiene importantes plantas industriales, entre ellas de producción de energía, de refino de petróleo, de fabricación de yeso y del sector de la biotecnología entre otras.

ABSTRACT

This article is based on an integration of concepts according to the pillars of Industry 4.0, industrial ecology, sustainable development and environment, these concepts have practical foundations of application in different industrial fields that help the development of different regions, taking into account only one perspective counts, which is based on generating common welfare. It is explained how the sustainable development goals (SDG) that are part of the 2030 Agenda of the United Nations Organization (UN) have their impact and deep relationship in the Patriotic Agenda 2025 - General Economic and Social Development Plan for Living Good (PDGES) from Bolivia. The sectoral analysis in Bolivia shows the productive context that exists according to the participation of the manufacturing industry in the national GDP, the ICA (Indices of air pollution throughout Bolivia) are also detailed, next to it is explained how the Eco-Industry Intelligent is capable of meeting these national and

international goals, such as the case of the Kalundborg industrial park located in Denmark, this leads to the mention of application strategies such as Integration in the natural system, Energy systems, Flow of materials and waste management, Water, Management and Integration in the community, mentioned strategies have the purpose of achieving the Eco-Intelligent Industry in Bolivia obtaining new significant benefits after its application.

KEYWORDS:

1. **Industrial ecology:** Industrial ecology is a proposal for a technical and socio-economic alternative that presents a metaphor of the industrial system based on ecosystems.
2. **Sustainable Development:** Seeks to satisfy the needs of present generations without compromising the possibilities of future generations, relying on three key factors: society, economy and environment.
3. **Environment**: It is the set of physical, chemical, biological components of people or society as a whole.
4. **Industry 4.0**: It implies the promise of a new revolution that combines advanced production and operations techniques with intelligent technologies that will be integrated into organizations, people and assets.
5. **Kalundborg:** It is a coastal municipality in Denmark, about 100 km west of Copenhagen, with a population of approximately 16,000 inhabitants. In addition to being a prominent Danish cargo port, it has important industrial plants, including energy production, oil refining, plaster manufacturing and the biotechnology sector, among others.

1. INTRODUCCION

- **ANTECEDENTES**

Es prioritario mencionar que la cuarta revolución industrial o también llamada INDUSTRIA 4.0 o INDUSTRIA INTELIGENTE describe la digitalización de sistemas y procesos industriales además de su interconexión mediante la Internet de las cosas e Internet de los servicios para conseguir una mayor flexibilidad e individualización de los procesos productivos. (Joyanes, 2017)

La INDUSTRIA ECO-INTELIGENTE parte de una relación directa entre esta cuarta revolución industrial tomando en cuenta el cuidado y protección del MEDIO AMBIENTE gestionando de manera adecuada el gasto energético por parte de las empresas, además de priorizar la optimización de los procesos productivos y/o de servicios.

Se reconoce que son necesarios importantes cambios en la producción y en los sistemas de consumo para alcanzar las necesidades y aspiraciones de un mundo cuya población se encuentra en constante crecimiento mientras que utilizan recursos naturales ambientales de una manera sustentable. Investigaciones científicas han informado que para realizar dichos cambios será necesario sobrepasar límites disciplinarios y tener una visión global. En años recientes este reto se ha discutido internacionalmente bajo la etiqueta de “Transformación Industrial” (Xander Olsthoorn, 2006).

Actualmente, los procesos químicos industriales sostenibles, son procesos constituidos por etapas que son actividades unitarias, pero que potencian el aprovechamiento de los materiales y la energía consumida para la producción de bienes y/ productos, minimizando o eliminando la presencia de residuos y desechos, los cuales pueden contribuir a la contaminación ambiental y a sus efectos (Loayza, 2006).

Los procesos industriales tienen que contribuir al desarrollo sostenible a través del manejo racional de los recursos naturales, propiciando su conservación recuperación, mejoramiento y uso adecuado, procurando que tanto la generación

actual como las futuras tengan la posibilidad de utilizarlos y disfrutarlos, sobre bases éticas y de equidad, garantizando la vida en todas sus manifestaciones (Loayza Pérez & Silva Meza, 2013).

Los Objetivos De Desarrollo Sostenible En Bolivia

Para alcanzar las metas de la INDUSTRIA ECO-INTELIGENTE los objetivos de desarrollo sostenible que se proponen en la agenda 2030 de la Organización de las Unidas (ONU) juegan el papel más importante, los mismos incorporan los desafíos globales a los que cada día nos enfrentamos a nivel mundial.

Todos los objetivos de desarrollo sostenible aportan al bienestar común de la población mundial y local, es destacable que unos más que otros ofrecen metas y alcances para la parte industrial relacionando el concepto de industria Eco-Inteligente, son los siguientes:

- ✓ OBJETIVO 7: ENERGIA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE
- ✓ OBJETIVO 9: INDUSTRIA, INNOVACION E INSFRAESTRUCTURA
- ✓ OBJETIVO 11: CIUDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES
- ✓ OBJETIVO 12: PRODUCCION Y CONSUMO RESPONSABLES

En Bolivia de acuerdo al Informe Nacional voluntario del año 2021, promulgado por el gobierno se relacionan los alcances de los ODS en el desarrollo nacional tomando en cuenta los 13 pilares fundamentales de la Bolivia Digna y Soberana, los pilares importantes para el sector industrial son los siguientes:

- ✓ PILAR 3: Salud, educación y deporte para la formación de un ser humano integral
- ✓ PILAR 6: Soberanía productiva con diversificación y desarrollo integral
- ✓ PILAR 7: Soberanía sobre nuestros recursos naturales
- ✓ PILAR 9: Soberanía ambiental

La tabla adjunta muestra la relación de estos 4 pilares fundamentales con los objetivos de desarrollo sostenible acorde a los conceptos de Industria Eco-Inteligente.

Tabla 1: ***Vinculación de los ODS y los Pilares de la Agenda Patriótica***

PILARES DE LA AGENDA PATRIOTICA 2025 (BOLIVIA)	ODS RELACIONADOS (ONU)
PILAR 3: Salud, educación y deporte para la formación de un ser humano integral	✓ OBJETIVO 7: ENERGIA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE ✓ OBJETIVO 9: INDUSTRIA, INNOVACION E INSFRAESTRUCTURA ✓ OBJETIVO 12: PRODUCCION Y CONSUMO RESPONSABLES
PILAR 6: Soberanía productiva con diversificación y desarrollo integral	✓ OBJETIVO 9: INDUSTRIA, INNOVACION E INSFRAESTRUCTURA ✓ OBJETIVO 12: PRODUCCION Y CONSUMO RESPONSABLES
PILAR 7: Soberanía sobre nuestros recursos naturales	✓ OBJETIVO 7: ENERGIA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE
PILAR 9: Soberanía ambiental	✓ OBJETIVO 7: ENERGIA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE ✓ OBJETIVO 12: PRODUCCION Y CONSUMO RESPONSABLES

Fuente: *Elaboración Propia, en base al Informe Anual Voluntario Bolivia (2021)*

- **PROBLEMÁTICA**

El análisis sectorial en Bolivia es de suma importancia para mostrar las futuras aplicaciones de esta nueva industria Eco-Inteligente, a continuación, se observa como el análisis de datos, gráficas y tablas muestran el contexto productivo en Bolivia.

Ilustración 1: ***Composición de la Matriz Energética, 2015, 2020 y 2030***

Fuente: *Viceministerio de Electricidad y Energías Alternativas – VMEEA*

Al 2030, se proyecta que la matriz energética sea predominantemente hidroeléctrica cuya participación representará el 37% de la potencia total (5.028 MW)22; asimismo, la participación de recursos energéticos renovables será de alrededor 13%, reduciendo la dependencia de generación de energía por procesos termoeléctricos.

Tabla 2: ***Participación PIB y PIB de la Industria Manufacturera, 2015 - 2019 (En millones de dólares)***

PIB	2015	2016	2017 (p)	2018 (p)	2019 (p)
PIB	33.241	34.189	37.782	40.581	41.193
PIB – Industria Manufacturera	3.388	3.755	3.965	4.197	4.321
Participación PIB – Industria Manufacturera	10.2%	11.0%	10.5%	10.3%	10.5%

Fuente: *Instituto Nacional de Estadística y Ministerio de Desarrollo Productivo y Economía Plural (p): Preliminar*

Respecto a la participación de la industria manufacturera en el PIB, entre 2015 y 2019 se tuvo un incremento de 0,3 puntos porcentuales, pasando de 10,2% a 10,5%, respectivamente.

Tabla 3*: Índice de Contaminación Atmosférica (ICA), según municipio de la Red MoniCa, 2014 - 2017 (En términos de Índice)*

Municipio	2014	2015	2016	2017
Cochabamba	365	351	481	349
El Alto	297	284	320	283
La Paz	664	254	274	218
Potosí	421	418	450	585
Quillacollo	858	738	759	529
Santa Cruz	807	382	179	208
Sucre	239	304	373	343
Tarija	454	537	298	435
Trinidad	-	-	795	634
Oruro	407	349	531	425

Fuente: *Ministerio de Medio Ambiente y Agua*

A nivel municipal, La Paz (218), Santa Cruz (208) y El Alto (283) fueron los municipios con menor riesgo de contaminación atmosférica en Bolivia.

El panorama boliviano muestra una problemática común de acuerdo a los índices de contaminación atmosférica, indicador económico del PIB con la incidencia de la industria, las formas de energía que sustentan al país y su relación anual. Toda esta investigación de campo es primordial para aplicar los nuevos conceptos de Industria Eco-Inteligente y como sus herramientas cumplirán con las metas y objetivos de desarrollo sostenible en Bolivia para el 2025.

MATERIALES Y MÉTODOS

Se examinaron los elementos teóricos y prácticos relacionados al tema de investigación donde se realizó la revisión documental debida, asimismo mediante la observación se analizó el comportamiento del país ante esta propuesta, donde el método de investigación fue deductivo y el tipo de investigación fue descriptiva.

2. DESARROLLO

"La historia de la humanidad es una historia de mejoras constantes de productividad" (Sala, 2016, p32).

Conforme pasaron los años, el ser humano ha sido capaz de cubrir sus necesidades cada vez con menos recursos. Hace millones de años, cuando se quería obtener una hora luz, se requería recolectar leña del bosque y frotar piedras hasta que salga chispa, proceso que demoraba alrededor de 58 horas según el economista William Nordhaus. Años más tarde, se inventarían la lampara de aceite (50 hrs), la lampara babilónica (41 hrs), la vela (5,3 hrs), la lampara de queroseno (14 min), la bombilla (5,5 min), la bombilla de filamento (1 min), el fluorescente (0,5 seg), hasta llegar a los leds actuales que reducen el coste a un nivel insignificante. (Sala, 2016, p33).

En la actualidad se puede observar este progreso en las industrias de alimentos, telecomunicaciones, transporte, construcción, textiles, entre otros. Sin embargo, la mejora debe continuar, en una realidad donde las industrias ya no deben buscar solamente el éxito financiero, ser visibles y establecerse como una marca reconocida, ya que hoy en día existen nuevas cuestiones que deben ser atendidas: la sostenibilidad social y medioambiental.

- **¿Cómo la industria puede llegar a ser productiva y a la vez sostenible?**

La naturaleza es el claro ejemplo de una industria altamente productiva y sostenible, capaz de minimizar la perdida de materia prima y energía que utiliza, en un ciclo donde las gacelas se alimentan de arbustos, el león se alimenta de gacelas, y al morir, este sirve para el crecimiento de nuevos arbustos.

Para que una industria llegue a ser productiva y sostenible debe emular a la naturaleza y convertir la actual producción lineal (materia prima, fabricación, cliente, residuos), en cíclica, es decir reducir los residuos a cero y empezar a pensar en lo que hoy se conoce como Ecología Industrial, es ahí, donde la innovación de las industrias juega un papel fundamental en la creación de nuevos modelos de gestión medioambientales y productivos.

Para que las industrias puedan lograr ese progreso, estas deberían ser capaces de establecer lazos de cooperación entre ellas, es decir, las mermas y/o subproductos de unas deberían ser reutilizadas como materias primas de otras, efecto que reduciría la tensión ambiental, mejoraría la eficiencia de los recursos y garantizaría el crecimiento y desarrollo industrial sostenible.

- **Industria Eco-Inteligente**

Una industria Eco-Inteligente es aquella que se encuentra comprometida con el entorno, y desarrolla soluciones estratégicas y tecnológicas para garantizar la sostenibilidad y optimización del desempeño de sus procesos, es decir, tiene la capacidad de desarrollar productos y/o servicios que durante toda la cadena de valor sean amigables con el medio ambiente y mantengan su estado como recursos para cualquier otro proceso dentro o fuera de la misma industria.

Para que una industria se considere Eco-Inteligente debe ser capaz de reincorporar a la cadena de valor los productos no vendidos, defectuosos, mermas y residuos, disminuyendo de esta manera la contaminación y el tratamiento de emisiones. Además, debe enfocar parte de sus esfuerzos a desarrollar soluciones basadas en la Ecoeficiencia, Simbiosis Industrial, Eco innovación, Ecodiseño, Eficiencia Energética y Residuos Cero.

Tabla 4: ***Herramientas de la ecología industrial***

Simbiosis industrial. Red de intercambios de residuos y subproductos entre diferentes industrias.
Metabolismo industrial. Conjunto de los flujos materiales y energéticos que discurren a través del sistema industrial, desde la extracción inicial de los recursos hasta su transformación en productos de interés y subproductos, y su posterior eliminación como residuos.
Análisis de flujo de materiales. Análisis sistemático que permite la identificación y cuantificación, en unidades físicas, de los flujos, entradas, salidas y acumulaciones de material que se producen en un sistema dado.

Análisis del ciclo de vida. Análisis que permite identificar y evaluar todos los posibles impactos ambientales que puedan generarse a lo largo del todo el ciclo de vida de un producto, servicio o instalación.
Ecoeficiencia. Dotación de bienes y servicios a un precio competitivo, que satisface las necesidades humanas y la calidad de vida, al tiempo que reduce progresivamente el impacto ambiental y la utilización de recursos a lo largo del ciclo de vida, hasta un nivel compatible con la capacidad de carga estimada del planeta.
Producción más limpia. Aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva para aumentar la eficiencia de productos, procesos y servicios y disminuir los riesgos para el ser humano y el medio ambiente.

Fuente: *Lobo, 2013*

De todas las herramientas de la ecología industrial, la simbiosis industrial es la más importante, debido a que mediante ella se logran crear comunidades biológicas donde dos o más industrias intercambian materias primas, energía e información mediante una colaboración donde se obtienen beneficios mutuos, a través de la reutilización de subproductos, utilización de estructuras y servicios comunes. (Uson, 2011)

- **Industria 4.0 ¿Un Modelo Eco-Inteligente?**

El impacto de la industrialización a lo largo de los años ha llevado al planeta a niveles inseguros de contaminación, agotamiento de los recursos y pérdida de biodiversidad. Sin embargo, hoy en día se experimenta el inicio de la Cuarta Revolución Industrial que viene acompañado de tecnologías cada vez más rápidas, eficientes y accesibles, que permite a la humanidad vivir conectados entre el mundo digital y físico, dichas innovaciones tecnológicas tienen gran impacto en la economía y comportamiento de generaciones futuras.

Este conjunto de herramientas tecnológicas permite la recolección y propiedad de datos, el uso eficiente de recursos, disposición de nuevos materiales y automatización de procesos que se encaminan hacia la sostenibilidad.

Tecnologías emergentes como el Big Data, IoT, la Nube, realidad virtual y aumentada, el Machine Learning y la impresión 3D permite reducir el consumo energético al máximo mediante la optimización de procesos industriales, fabricación aditiva, mantenimientos predictivos y sistemas de gestión energética.

Un ámbito especialmente avanzado son las Smart Cities, donde se emplean tecnologías para la detección remota de fugas en redes de agua, sensores e inteligencia artificial para dar una dimensión totalmente nueva a la medición y gestión del ruido o la calidad del aire, predicción y gestión de desastres naturales, gestión inteligente de climatización, optimización de consumo lumínico público y vial, gestión de aparcamientos, robótica, tecnologías de clasificación y separación, sistemas de monitorización de contenedores, entre otras.

- **El Caso Kalundborg y La Simbiosis Industrial**

Un claro ejemplo de industria Eco-Inteligente es el parque industrial ubicado en la ciudad de Kalundborg, Dinamarca, mismo que es considerado el ideal urbano de la productividad.

Ilustración 2: ***Simbiosis Industrial en Kalundborg 2015***

Fuente: *Página oficial Kalundborg - http://www.symbiosis.dk/en/*

La innovación ecológica de este parque se basa en analizar y controlar la complejidad de las actividades industriales para posteriormente ordenar cada una de las empresas en una estructura similar a la cadena alimenticia de la naturaleza, estableciendo así relaciones productivas donde los residuos y excedentes de energía terminan convirtiéndose en la materia prima de otra actividad industrial o servicios para la región.

En el primer nivel del parque se encuentra el productor primario de energía que son la planta eléctrica ASNAES y la refinería STATOIL, en el segundo nivel están los consumidores energéticos primarios: la planta de ácido sulfúrico KEMIRA, la industria de paneles de cartón de yeso GYPROC y la planta farmacéutica NOVODISK, en el tercer nivel están los consumidores energéticos secundarios: la ciudad de Kalundborg, y al final se encuentran los descomponedores: la planta de biomasa y granjas acuícolas, porcinas y de cultivo. (Pinzón, 2009, p158).

Ilustración 3: ***Simbiosis Industrial en Kalundborg 2011***

Fuente: *Costa Sorolla J. (2011, p54)*

Estas acciones reducen la entropía del sistema aumentando su solidez y orden, por ejemplo, la planta eléctrica vende vapor a la refinería y a la planta farmacéutica, y el calor obtenido de los generadores se usa para la calefacción de edificios en la ciudad, así como para calentar invernaderos y granjas acuícolas. A su vez, la refinería vende gas y agua de enfriamiento a la planta eléctrica, y el azufre que produce se envía a la planta de ácido sulfúrico, mientras la industria de paneles de cartón yeso utiliza el sulfato de calcio enviado por la planta eléctrica y el gas combustible de la refinería; al mismo tiempo que la planta farmacéutica genera un lodo biológico que es usado como fertilizante en las granjas, y la mezcla de levadura en la producción de insulina se utiliza como suplemento para alimentar cerdos.

Esta nueva estructura industrial ha logrado significativas reducciones en el consumo de materias primas y energía (principalmente de agua, carbón, petróleo y yeso), evita cada año la emisión de 300.000 toneladas de CO2 (Fuente: Symbiosis Center Denmark, 2015) y trajo beneficios empresariales en cuanto a reducción de costos, innovación de procesos y una nueva imagen ambientalmente sostenible.

3. ANÁLISIS Y EVALUACIÓN

- **Industria Eco-Inteligente, Una Nueva Perspectiva De Desarrollo**

La Industria Eco-Inteligente promueve el desarrollo de una determinada región desde una nueva perspectiva, esta nueva perspectiva de desarrollo se basa en los antecedentes que se pueden tomar en cuenta para la aplicación de las herramientas y conceptos de la industria Eco-Inteligente.

La problemática principal trata de abordar el desarrollo en Bolivia a nivel industrial y medio ambiental prueba de ello son los Índices de Contaminación Atmosférica (ICA) en La Paz, El Alto y Santa Cruz que se pudo analizar en puntos anteriores, la participación de recursos energéticos renovables será de alrededor 13% proyectados al 2030, y el incremento del Producto Interno Bruto (PIB) en el sector industrial fue de 0.3 puntos porcentuales, toda esta información ayuda a fijar los objetivos de desarrollo para Bolivia en los próximos años desde aquella nueva perspectiva que se muestra como título de este articulo científico.

En cuanto al desarrollo industrial y medio ambiental en Bolivia se relacionan los pilares de la Agenda Patriótica 2025 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la Agenda 2030 de la ONU, para alcanzar estas metas desde la perspectiva de Industria Eco-Inteligente se muestra las siguientes estrategias:

Tabla 5: ***Estrategias para la implementación de parques eco-inteligentes***

Integración en el sistema natural ✓ Seleccionar la ubicación efectuando un balance de la capacidad de acogida ecológica. ✓ Minimizar los impactos ambientales locales integrando el parque eco-inteligente en el paisaje local, el entorno hidrológico y el ecosistema. ✓ Minimizar las contribuciones a los impactos ambientales globales, es decir las emisiones de gases de efecto invernadero.
Sistemas energéticos ✓ Maximizar la eficiencia energética mediante el diseño o rehabilitación de instalaciones, la cogeneración, la energía en cascada u otros medios ✓ Lograr una mayor eficiencia a través de flujos de energía entre plantas. ✓ Utilizar fuentes renovables ampliamente.
Flujo de materiales y gestión de residuos ✓ Enfatizar la producción más limpia y la prevención de la contaminación, especialmente con las sustancias tóxicas. ✓ Buscar la máxima reutilización y reciclaje de materiales entre las empresas que forman parte del parque eco-inteligente. ✓ Reducir los riesgos de materiales tóxicos mediante la sustitución de materiales y el tratamiento integrado de residuos a nivel de sitio. ✓ Vincular a las empresas que forman parte del parque eco-inteligente como consumidores y generadores de subproductos utilizables a través de intercambios de recursos y redes de reciclaje
Agua ✓ Diseñar el flujo del agua para conservar los recursos y reducir la contaminación en sistemas hídricos compartidos.

Gestión ✓ Mantener las sinergias entre las empresas. ✓ Apoyar la mejora del desempeño ambiental de las empresas individuales y la del parque eco-inteligente en su conjunto. ✓ Operar un sistema de información de todo el sitio que apoye las comunicaciones entre compañías.
Integración en la comunidad ✓ Procurar beneficiar a la economía local y a los sistemas sociales a través de programas de capacitación y educación. ✓ Desarrollar negocios comunitarios, construcción de viviendas para empleados y planificación urbana colaborativa.

Fuente: *Elaboración en base a Lowe (2003)*

La implementación de parques eco-inteligentes en Bolivia aportaría a:

- ✓ Mejorar los beneficios económicos de las empresas, al estar integradas reducirían los costos, lo que las volvería más competitivas.
- ✓ Generar un beneficio medioambiental al reducir los impactos.
- ✓ Ahorrar los recursos naturales existentes en el país.
- ✓ Generar de energías renovables utilizando como principio la Ecoeficiencia.
- ✓ Generar empleo local y nacional.
- ✓ Mejorar la eficiencia de los procesos de producción y actividades.

4. CONCLUSIONES

Las empresas en Bolivia y el mundo necesitan innovar en la implementación de soluciones estratégicas y tecnológicas que vengan acompañadas no solo de beneficios económicos, sino también medioambientales, generando espacios de intercambio y cooperación mutua a través de los parques eco-inteligentes, haciendo hincapié en la simbiosis y la ecología industrial, y de esta manera poder contribuir a la economía regional basada en la producción sustentable, la conservación de los sistemas y promoviendo el desarrollo industrial acorde a los Objetivos de Desarrollo Sostenible y las metas de la Agenda patriótica 2025 de Bolivia.

5. BIBLIOGRAFÍA

- ✓ Asociación Clúster de Industrias de Medio Ambiente de Euskadi. Aclima, (2018). *Tecnología e industria 4.0: la sostenibilidad en la cuarta Era Industrial, de Fundación Conama.* Recuperado:*http://www.conama.org/conama/download/files/conama2018//GTs%202018/20_final.pdf*
- ✓ *Buenas prácticas en industria eco-inteligente: El modelo Kalundborg* (2015), Recuperado de: https://prevencontrol.com/prevenblog/buenas-practicas-en-industria-ecointeligente-el-modelo-kalundborg/
- ✓ García, C. (2017). *El caso Kalundborg y la simbiosis industrial,* Recuperado de: *https://blogs.upm.es/inambiental/2017/10/05/el-caso-kalundborg-y-la-simbiosis-industrial/*
- ✓ Estévez R. (2012). *Kalundborg, ejemplo de industria eco-inteligente* Recuperado de: *https://www.ecointeligencia.com/2012/04/kalundborg-ecologia-industrial-ecointeligente/*
- ✓ Estévez R. (2010). *La Ecología Industrial imita a la Naturaleza* Recuperado de: *https://www.ecointeligencia.com/2010/11/la-ecologia-industrial-imita-a-la-naturaleza/*
- ✓ Pinzón A. (2009). *La simbiosis industrial en Kalundborg, Dinamarca, de DEARQ – Universidad de Los Andes, Bogotá, Colombia.* Recuperado de: *https://www.redalyc.org/pdf/3416/341630313019.pdf*
- ✓ Costa Sorolla J. (2011). *Aplicación de la termo economía a la ecología industrial en Kalundborg de Escuela Técnica Industrial de Zaragoza* Recuperado de: https://zaguan.unizar.es/record/6503/files/TAZ-TFM-2011-079_ANE.pdf
- ✓ Galea Camacho Z. (2016). *Cuestionario para impulsar la simbiosis industrial en los parques industriales de Escuela Técnica Superior de Ingeniería – Universidad de Sevilla.* Recuperado de: https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/235881/CUESTIONARIO_PARA_IMPULSAR_LA_SIMBIOSIS_INDUSTRIAL_EN_LOS_PA.pdf

- ✓ Lobo, L. (2013). *Ecología industrial: avanzando hacia la sostenibilidad. Trabajo Fin de Máster, Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Sevilla. Universidad de Sevilla*
- ✓ Lowe, E. (2001). *Handbook of industrial ecology. Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries. A Report to Asian Development Bank, Environment Department, Indigo Development, Oakland, CA.* Recuperado de: *http://www.indigodev.com/Handbook.html*
- ✓ Usón, S. (2011). *Fundamentos de ecología industrial de Universidad de Zaragoza.*
- ✓ Estado Plurinacional de Bolivia (2021), *Informe Nacional Voluntario de Bolivia* Recuperado de: *https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/28230Bolivias_VNR_Report.pdf*
- ✓ Ministerio de Planificación y del desarrollo, Estado Plurinacional de Bolivia (2021), *Agenda Patriótica 2025- Plan de Desarrollo General Económico y Social para el Vivir Bien (PDGES) de Bolivia.* Recuperado de: *http://grus.org.bo/wp-content/uploads/2021/12/PDES-2021-2025_compressed-comprimido1.pdf*
- ✓ Organización de las Naciones Unidas (2015), *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* Recuperado de: *https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf*

ESTADO PLURINACIONAL DE BOLIVIA
Ministerio de Educación
Marambeoguasu Avoate
Tuchay Kamachiñe
Yatichi Kamanat

00056

MINISTERIO DE educación

MERCOSUR cnacu

LA COMISIÓN NACIONAL DE ACREDITACIÓN
DE CARRERAS UNIVERSITARIAS

En sujeción y al amparo de la Ley N° 070 de la Educación "Avelino Siñani - Elizardo Pérez" del 20 de diciembre de 2010

CERTIFICA

Que la Carrera de:

INGENIERÍA INDUSTRIAL

de la

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS

con sede académica en la ciudad de LA PAZ, ha cumplido los criterios establecidos para la

ACREDITACIÓN

al Sistema ARCU - SUR, del MERCOSUR EDUCATIVO

Este reconocimiento de la Calidad Académica tiene alcance Regional en el MERCOSUR, con validez de un periodo de seis (6) años.

La Paz, septiembre de 2019

Dra. Lic. Eduardo Cortez Baldivieso
Presidente de la Comisión Nacional de Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

Lic. A. Antonio Carvalho Salinas
Fiscal de la Comisión Nacional de Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

Ing. Juan José Bohlen Rodríguez Ayala
Fiscal de la Comisión Nacional de Acreditación de Carreras Universitarias de Bolivia

Todos los Derechos Reservados, 2022
La Paz - Bolivia

Av. Mcal. Santa Cruz N° 1175
Plaza del Obelisco
Mezzanine, Edificio Facultad de Ingeniería
Tel. 2205000 - 2205067 Int. 1402
Web: industrial.umsa.bo
Email: ingeindustrial@umsa.bo
ingeindustrialumsa@gmail.com