



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA INGENIERÍA INDUSTRIAL**

TEMA:

**“MODELADO BASADO EN AGENTES PARA COMPROBAR LA
VALIDEZ DE UN SISTEMA INDUSTRIAL CIRCULAR EN SANTA
ELENA, ECUADOR”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORA:

SELLÁN VERA KATHERINE BEATRIZ

TUTOR:

ING. MUYULEMA ALLAICA JUAN CARLOS MEng.

LA LIBERTAD - ECUADOR

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA CARRERA
DE INGENIERÍA DE INDUSTRIAL

TEMA:

**“MODELADO BASADO EN AGENTES PARA COMPROBAR LA
VALIDEZ DE UN SISTEMA INDUSTRIAL CIRCULAR EN
SANTA ELENA, ECUADOR”**

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

AUTORA:

SELLÁN VERA KATHERINE BEATRIZ

TUTOR:

ING. MUYULEMA ALLAICA JUAN CARLOS MEng.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2023

UPSE

APROBACIÓN DEL TUTOR

Ing.

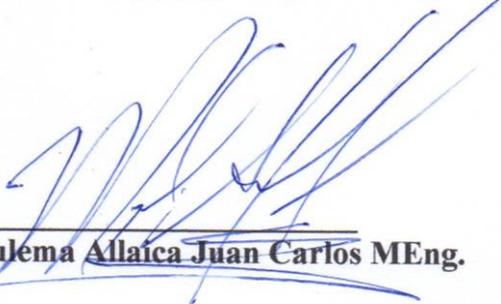
Muyulema Allaica Juan Carlos MEng.

TUTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Universidad Estatal Península de Santa Elena

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación, modalidad Trabajo de Integración Curricular “MODELADO BASADO EN AGENTES PARA COMPROBAR LA VALIDEZ DE UN SISTEMA INDUSTRIAL CIRCULAR EN SANTA ELENA, ECUADOR”, elaborado por la Srta. SELLÁN VERA KATHERINE BEATRIZ, estudiante de la carrera de Ingeniería Industrial, Facultad de Ciencias de la Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Ingeniera Industrial, me permito declarar que luego de haberla dirigido, estudiado y revisado, la apruebo en su totalidad.

TUTOR

f. 
Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos MEng.

La Libertad, a los 22 días del mes de febrero del año 2023

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Sellán Vera Katherine Beatriz**

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, **Modelado basado en agentes para comprobar la validez de un Sistema Industrial Circular en Santa Elena, Ecuador**, previo a la obtención del título de **Ingeniera Industrial**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

La Libertad, a los 22 días del mes de febrero del año 2023

AUTORA



Sellán Vera Katherine Beatriz

AUTORIZACIÓN

Yo, **Sellán Vera Katherine Beatriz**

Autorizo a la Universidad Península de Santa Elena la **publicación** en la biblioteca de la Institución del Trabajo de Titulación, **Modelado basado en agentes para comprobar la validez de un Sistema Industrial Circular en Santa Elena, Ecuador**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

La Libertad, a los 22 días del mes de febrero del año 2023

AUTORA



Sellán Vera Katherine Beatriz

CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO

En calidad de tutor del Trabajo de Integración Curricular para titulación del tema **“MODELADO BASADO EN AGENTES PARA COMPROBAR LA VALIDEZ DE UN SISTEMA INDUSTRIAL CIRCULAR EN SANTA ELENA, ECUADOR”** elaborado por la estudiante **SELLÁN VERA KATHERINE BEATRIZ**, egresada de la carrera de Ingeniería Industrial, de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería, previo a la obtención del Título de Ingeniera Industrial me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido con los requerimientos exigidos de valoración, la presente tesis, se encuentra con un 2% de la valoración permitida por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

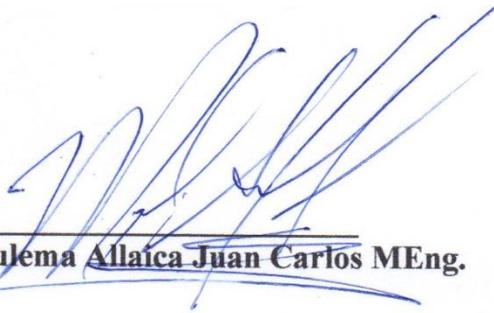
Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

 CERTIFICADO DE ANÁLISIS magister		
URKUND-SELLAN VERA TT-02. Plantilla de Trabajo Titulacion UPSE INDUSTRIAL-2022 (1)		2% Similitudes
		< 1% Texto entre comillas 0% similitudes entre comillas < 1% Idioma no reconocido
Nombre del documento: URKUND-SELLAN VERA TT-02. Plantilla de Trabajo Titulacion UPSE INDUSTRIAL-2022 (1).docx ID del documento: df25df9669bd118c9fee86b0abb27ba112f94ba6 Tamaño del documento original: 8.59 Mo	Depositante: JUAN CARLOS MUYULEMA ALLAICA Fecha de depósito: 24/2/2023 Tipo de carga: interface fecha de fin de análisis: 24/2/2023	Número de palabras: 30.581 Número de caracteres: 207.724

FIRMA DEL TUTOR

f.


Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos MEng.

C.I.: 060393245

CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA

LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN
MÁSTER EN EDUCACIÓN Y DESARROLLO SOCIAL
DOCENTE DE LENGUA Y LITERATURA – LEXICOLOGÍA

A petición de la interesada tengo a bien certificar que he realizado la revisión y el análisis del contenido del presente Trabajo de Integración Curricular:

“MODELADO BASADO EN AGENTES PARA COMPROBAR LA VALIDEZ DE UN SISTEMA INDUSTRIAL CIRCULAR EN SANTA ELENA, ECUADOR.” De la señorita: Sellán Vera Katherine Beatriz con C.I.: 2450219791, egresada de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, Facultad de Ciencias de la Ingeniería, Carrera de Ingeniería Industrial.

Que el mencionado trabajo, en el contexto general, cumple con los requisitos lingüísticos y normativos dados por la Real Academia Española (RAE) para el uso del idioma español.

Certificación, que otorgo en la ciudad de Santa Elena a los veintidós días del mes de febrero del dos mil veintitrés.

CERTIFICA



Lic. Narcisca Del Jesús García Cajape. MSc.

C.I. 1307095818

Nombre	GARCIA CAJAPE NARCISA DEL JESUS
Identificación	1307095818
Nacionalidad	ECUATORIANA
Genero	FEMENINO

Títulos de Cuarto Nivel						
Título	Institución de Educación Superior	Tipo	Reconocido Por	Número de Registro	Fecha de Registro	Observacion
MAGISTER EN EDUCACION Y DESARROLLO SOCIAL	UNIVERSIDAD TECNOLOGICA EQUINOCCIAL	NACIONAL		1032-13-86036224	03-06-2013	

Títulos de Tercer Nivel						
Título	Institución de Educación Superior	Tipo	Reconocido Por	Número de Registro	Fecha de Registro	Observacion
LICENCIADA EN CIENCIAS DE LA EDUCACION ESPECIALIDAD EDUCACION BASICA	UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA	NACIONAL		1031-02-270083	27-09-2002	
PROFESORA DE SEGUNDA ENSEÑANZA ESPECIALIDAD EDUCACION BASICA	UNIVERSIDAD TECNICA PARTICULAR DE LOJA	NACIONAL		1031-02-270084	27-09-2002	

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme estar donde estoy y otorgarme su bendición siempre. A mi madre por acompañarme en cada lucha para llegar a cumplir uno de mis principales objetivos, mis hermanas Ana y Hellen por siempre compartir sus chistes como apoyo en los momentos en lo que más necesitaba dispersar el estrés y, por último, pero no menos importante a mi padre por forjar mi carácter para no rendirme.

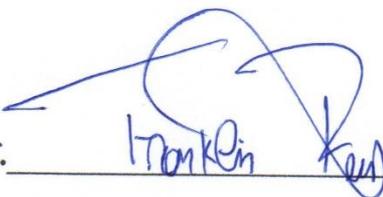
Katherine Sellán Vera

DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación se lo dedico a la persona más importante de mi vida a quien le debo mi existencia, pues sin ella nada de esto hubiese sido posible, por su paciencia para poder comprenderme, su sabiduría para poder guiarme, por hacerme presente siempre en sus oraciones, por acompañarme en cada noche de desvelo y por siempre creer en mí, este trabajo te lo dedico con todo mi amor, mamá.

Katherine Sellán Vera

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. 

Ing. Franklin Enrique Reyes Soriano Mgr.
DIRECTOR DE CARRERA

f. 

Ing. Víctor Manuel Matías Pillasagua Mgr.
DOCENTE ESPECIALISTA

f. 

Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica MEng.
DOCENTE TUTOR

f. 

Ing. Juan Carlos Muyulema Allaica MEng.
DOCENTE GUÍA UIC

ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
CERTIFICACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TUTOR	iv
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	v
AUTORIZACIÓN	vi
CERTIFICADO DE ANTIPLAGIO	vii
CERTIFICADO DE GRAMATOLOGÍA	viii
AGRADECIMIENTOS	ix
DEDICATORIA	x
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	xi
ÍNDICE GENERAL	xii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE ANEXOS	xviii
LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
INTRODUCCIÓN	4
CAPÍTULO I	9
MARCO TEÓRICO	9
1.1. Antecedentes investigativos	9
1.2. Estado del arte	12
1.2.1. Revisión del Modelado basado en agentes	18
1.2.2. Revisión del Sistema Industrial Circular	25
1.3. Marco conceptual	33
1.4. Recapitulación del capítulo I.....	35
CAPÍTULO II	36
MARCO METODOLÓGICO	36
2.1. Enfoque de investigación	36

2.2.	Diseño de investigación	36
2.3.	Procedimiento metodológico	37
2.4.	Población y muestra	43
2.4.1.	Población	43
2.4.2.	Muestra	44
2.5.	Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos (Adaptada a la unidad de análisis y tipo de estudio)	46
2.5.1.	Métodos de recolección de los datos	46
2.5.2.	Técnicas de recolección de los datos	46
2.5.3.	Instrumentos de recolección de los datos	47
2.6.	Variables del estudio	47
2.6.1.	Operacionalización de las variables	48
2.7.	Procedimiento para la recolección de los datos	50
2.8.	Plan de análisis e interpretación de resultados	51
2.9.	Recapitulación del capítulo II	53
CAPÍTULO III		54
MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN		54
3.1.	Marco de resultados	54
3.1.1.	Medios de evaluación	54
3.1.2.	Análisis de fiabilidad Alfa de Cronbach	75
3.1.3.	Verificación de la hipótesis o fundamentación de las preguntas de investigación	78
3.1.3.1.	Definición de hipótesis	79
3.1.3.2.	Comprobación de hipótesis mediante análisis de varianza ANOVA	79
3.2.	Propuesta de mejora	86
3.2.1	Tema	86
3.2.2.	Introducción	86
3.2.3.	Metodología	88
3.2.4.	Descripción del modelado basado en agentes	89
3.2.4.1.	Intensión	89
3.2.4.2.	Simplificación	89
3.2.4.2.1.	Modelo Conceptual	89
3.2.4.2.2.	Modelo Analítico	90

3.2.4.3. Métodos operativos	91
3.2.4.4. Experimentación y Análisis de escenario	94
3.2.4.5. Validación y Resultados.....	98
3.2.4.6. Presupuesto	102
3.2.4.7. Modelo Matemático	104
3.3. Resumen parcial.....	108
3.4. Marco de discusión	109
CONCLUSIONES	111
RECOMENDACIONES	112
REFERENCIAS (o BIBLIOGRAFÍA)	113
ANEXOS	125

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Artículos para la RSL.....	14
Tabla 2. Herramientas de simulación basada en agentes.	22
Tabla 3. Principios propuestos por la ISO.....	28
Tabla 4. Definiciones conceptuales por terminología.	33
Tabla 5. Estratificación poblacional.....	44
Tabla 6. Estratificación muestral.....	45
Tabla 7. Estratificación muestral bajo criterio estadístico de conveniencia.	45
Tabla 8. Operacionalización de variables.	48
Tabla 9. Plan de actuaciones para el tratamiento de datos.	50
Tabla 10. Plan de análisis con interpretación de resultados.....	52
Tabla 11. Rondas de revisión de encuesta.....	56
Tabla 12. Análisis de frecuencia por validación de expertos.	56
Tabla 13. Matriz de evaluación general de ponderación de datos del cuestionario. .	58
Tabla 14. Sumatoria total de la matriz de evaluación general de la ponderación de datos del cuestionario.....	59
Tabla 15. Matriz de evaluación general de ponderación de datos del cuestionario en porcentaje.....	71
Tabla 16. Valoración de procesamiento de casos.	76
Tabla 17. Valoración Alfa de Cronbach caso I.	77
Tabla 18. Valoración Alfa de Cronbach caso II.....	77
Tabla 19. Bloques bajo escenarios de ANOVA.....	80
Tabla 20. Fisher calculado mediante análisis ANOVA.	85
Tabla 21. Detección de agentes involucrados.	91
Tabla 22. Caso Conservera.....	94
Tabla 23. Distribución de desechos Caso Conservera 1.	94
Tabla 24. Distribución de desechos Caso Conservera 2.	94
Tabla 25. Caso Otros.....	95
Tabla 26. Caso Laboratorio de larvas.....	95
Tabla 27. Caso Recicladora.....	96
Tabla 28. Generación de Acuerdos / Contratos.....	99

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flujograma de la problemática investigativa.....	6
Figura 2. RSL con base en Triple línea de acción.	13
Figura 3. Sistematización del comportamiento emergente con agentes.	20
Figura 4. Principios de la EC.	26
Figura 5. Ciclo de los productos dentro de una manufactura con visión en EC.	27
Figura 6. Procesos industriales sostenibles para empresa.....	31
Figura 7. Plan de evaluación.....	38
Figura 8. Diagrama metodológico de la investigación.	39
Figura 9. Aspectos generales de software FlexSim.	40
Figura 10. Flujograma del MBA.....	41
Figura 11. Plan direccionado a recolección de datos.....	46
Figura 12. Etapas de la metodología Ábaco de Régnier.....	46
Figura 13. Jerarquía de evaluación.	54
Figura 14. Resultados estadísticos de la ponderación de datos del cuestionario.	61
Figura 15. Tabulación de las preguntas 1, 2, 3, 4, 5 y 7.	61
Figura 16. Tabulación de la pregunta 6.....	62
Figura 17. Tabulación de la pregunta 7.1.....	62
Figura 18. Tabulación de la pregunta 8 y 10.....	63
Figura 19. Tabulación de la pregunta 9.....	64
Figura 20. Datos tabulados de la pregunta N°1 expresados en porcentaje.	64
Figura 21. Datos tabulados de la pregunta N°2 expresados en porcentaje.	65
Figura 22. Datos tabulados de la pregunta N°3 expresados en porcentaje.	65
Figura 23. Datos tabulados de la pregunta N°4 expresados en porcentaje.	66
Figura 24. Datos tabulados de la pregunta N°5 expresados en porcentaje.	66
Figura 25. Datos tabulados de la pregunta N°6 expresados en porcentaje.	67
Figura 26. Datos tabulados de la pregunta N°7 expresados en porcentaje.	67
Figura 27. Datos tabulados de la pregunta N°7.1 expresados en porcentaje.	68
Figura 28. Datos tabulados de la pregunta N°8 expresados en porcentaje.	68
Figura 29. Datos tabulados de la pregunta N°9 expresados en porcentaje.	69
Figura 30. Datos tabulados de la pregunta N°10 expresados en porcentaje.	69

Figura 31. Resultados estadísticos de la ponderación de datos del cuestionario en porcentaje.....	72
Figura 32. Tabulación de la pregunta 1, 2, 3, 4, 5 y 7.....	72
Figura 33. Tabulación de la pregunta 6.....	73
Figura 34. Tabulación de la pregunta 7.1.....	73
Figura 35. Tabulación de la pregunta 8 y 10.....	74
Figura 36. Tabulación de la pregunta 9.....	74
Figura 37. Flujograma del estudio de simulación de la propuesta.....	88
Figura 38. Modelo Conceptual.....	89
Figura 39. Modelo Analítico.....	90
Figura 40. Codificación para la obtención de materia prima.....	91
Figura 41. Codificación de los procesos por lotes.....	92
Figura 42. Codificación de frecuencias.....	92
Figura 43. Codificación para definir el tamaño del lote.....	92
Figura 44. Codificación para definir la ruta del camión por P.....	93
Figura 45. Codificación para interacción entre los agentes del sistema.....	93
Figura 46. Conexión entre agente camión y agente Mp.....	96
Figura 47. Conexión entre camiones, M y Mp.....	97
Figura 48. Conexión entre todos los agentes del sistema.....	97
Figura 49. Simulación del SIC en Santa Elena, Ecuador.....	98
Figura 50. Rendimiento de producción por lotes.....	100
Figura 51. Barra de Estado de Camiones.....	101
Figura 52. Desechos generales en tiempo transcurrido.....	101

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A: Solicitud dirigida a expertos.	125
Anexo B: Encuesta.	126
Anexo C: Validación de encuesta realizada por expertos.	128
Anexo D: Tabulación general de la validación por expertos bajo metodología Ábaco de Régnier.	129
Anexo E: Solicitud para realizar encuesta a manufacturas de Santa Elena.....	131
Anexo F: Demostración del acopio de datos.	132
Anexo G: Tabulación de datos en software IBM SPSS Statistics 25.....	134
Anexo H: Fiabilidad Alfa de Cronbach.....	135
Anexo I: Tabla de Fisher.	136
Anexo J: Panel de trabajo del Software FlexSim.....	136

LISTA DE ABREVIATURAS Y TABLA DE SÍMBOLOS

Análisis de Varianza	ANOVA
Análisis de red	AN
Banco Central del Ecuador	BCE
Desarrollo Sostenible	DS
Economía Circular	EC
Eco-parque Industrial / Parque Industrial Sostenible	EPI
Fisher calculado	FC
Fisher tabulado	FT
Integración Total del Sitio	ITS
Instituto Ecuatoriano de Normalización	INEN
Modelado basado en agentes	MBA
Objetivo de Desarrollo Sostenible	ODS
Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial	ONUUDI
Producto Interno Bruto	PIB
Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente	PNUMA
Revisión Sistemática de la Literatura	RSL
Simbiosis Industrial	SI
Sistema Industrial Circular	SIC
Sistema Adaptativo Complejo	SAC
Statistical Package for the Social Sciences	SPSS

“MODELADO BASADO EN AGENTES PARA COMPROBAR LA VALIDEZ DE UN SISTEMA INDUSTRIAL CIRCULAR EN SANTA ELENA, ECUADOR”

Autora: Sellán Vera Katherine Beatriz

Tutor: Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos MEng.

RESUMEN

El modelado basado en agentes (MBA) permite la simulación de sistemas emergentes como el Sistema Industrial Circular consintiendo una apreciación real de posibles interacciones entre agentes (empresas) facilitando el análisis de aplicabilidad y validez mediante la tecnología como principal herramienta de desarrollo en las manufacturas. El objetivo de la investigación es explicar el MBA para comprobar la validez de un Sistema Industrial Circular en Santa Elena, Ecuador. La metodología del estudio se desarrolló bajo el método descriptivo y correlacional; se fundamentó con la técnica encuesta validada por expertos bajo el método Ábaco Régnier cuantificando datos en SPSS 25 asentando estos resultados en la estructura de un MBA. Como resultado se presentó un MBA capaz de interpretar las interacciones entre agentes demostrando la validez del Sistema Industrial Circular en Santa Elena y la clara aportación de las empresas para trabajar en un sistema circular. Se concluye que el MBA permitió observar los comportamientos de empresas para la toma de decisiones además se resaltó que la simulación no influye en un sistema complejo, pero si permite analizar la situación conforme a la circularidad. Posteriormente se realizó una propuesta con la intervención de la tecnología en sistemas complejos aportando un modelado adaptado a la realidad en Santa Elena mediante la sinergia entre empresas.

Palabras Claves: *(Modelado basado en agentes, simulación, sistema emergente, Sistema Industrial Circular, interacciones, circularidad, sinergia).*

“AGENT-BASED MODELING TO TEST THE VALIDITY OF A CIRCULAR INDUSTRIAL SYSTEM IN SANTA ELENA, ECUADOR”

Author: Sellán Vera Katherine Beatriz

Tutor: Ing. Muyulema Allaica Juan Carlos MEng.

ABSTRACT

The agent-based modeling (ABM) allows the simulation of emerging systems such as the Circular Industrial System allowing a real appreciation of possible interactions between agents (companies) facilitating the analysis of applicability and validity through technology as the main development tool in manufacturing. The objective of the research is to explain the ABM to test the validity of a Circular Industrial System in Santa Elena, Ecuador. The methodology of the study was developed under the descriptive and correlational method; it was based on the survey technique validated by experts under the Abacus Regnier method, quantifying data in SPSS 25 and settling these results in the structure of an ABM. As a result, an ABM capable of interpreting the interactions between agents was presented, demonstrating the validity of the Circular Industrial System in Santa Elena and the clear contribution of the companies to work in a circular system. It was concluded that the ABM made it possible to observe the behavior of companies in order to make decisions and that the simulation does not influence a complex system, but it does make it possible to analyze the situation in accordance with circularity. Subsequently, a proposal was made with the intervention of technology in complex systems, providing a model adapted to the reality in Santa Elena through the synergy between companies.

Keywords: (*Agent-based modeling, simulation, emergent system, Circular Industrial System, interactions, circularity, synergy*).

INTRODUCCIÓN

A través de los años, los constantes avances tecnológicos han realizado estudios de opiniones e interacciones entre diversos individuos que buscan capturar matemáticamente las comunicaciones observadas, de este modo se presentan los modelos de dinámica también denominados modelos basados por agentes (MBA), los cuales mediante redes de interacciones muestran gráficos descriptivos de la relación que se forma entre ellos (Anderson & Ye, 2019).

En efecto Arcila-Calderón et al., (2021); Pellicer-Jordá, (2013); redactan la importancia de la tecnología como portadora de métodos computacionales al ofrecer disponibilidad de datos que permiten rastreo digital de información con nuevos patrones de comunicación y comportamiento, dando lugar a los arquetipos que en el libro de Rand (2013) representan la realidad simplificada que proporciona planos de un sistema detallado ofreciendo una vista de alto nivel con el que será construido.

Por su parte Bozdogan et al., (2022); Marvuglia et al., (2022); Fouladvand et al., (2022); Araya, (2020); Pavón et al., (2006) coinciden en la conceptualización de agentes al definirlos como entidades físicas con decisiones heterogéneas, autónomas e individuales representados virtualmente al desenvolverse bajo un mismo entorno dinámico (surgiendo el comportamiento sistémico) interactuando con demás agentes siendo aptos para educarse y adaptarse en respuesta a cambios que se presenten.

Evidentemente la evolución industrial se encuentra gobernada por el modelo tradicional lineal donde los productos/bienes al ser desechados como residuos provocan fuertes amenazas en el medio como la creciente escasez, la sobreexplotación de recursos, entre otros, en resguardo a estas acciones nace la EC presentando cambios radicales sustentables para la sociedad (Andrago-Alobuela & Arroyo-Morocho, 2022).

En relación a la idea anterior Las Naciones Unidas (2021) resaltan que la EC nace en la transformación hacia un modelo circular de desperdicio cero con base en principios y en consecuencia genera el impacto directo en la lucha contra el cambio climático y la prevención de residuos. El encadenamiento que se congena mediante el sistema productivo entre plantas industriales ha proporcionado factores que afectan el entorno en el que se establecen, las consecuencias negativas de estas entidades son la

contaminación ambiental local como producto de los residuos industriales no reaprovechados y los desechos inadecuadamente gestionados, la congestión producida por el tráfico y el deterioro de la calidad de vida (Loayza-Pérez & Silva-Meza, 2013).

Investigadores como Asante et al., (2022); Ahmed et al., (2022) concuerdan que aplicando principios de EC se posibilita el acceso de mejora en sustentabilidad con un modelo óptimo-amigable que involucre en su metabolismo la producción, consumo, eliminación de desechos mediante reciclaje, reducción y reutilización, generando logística inversa conservadora del ecosistema y productora de sostenibilidad.

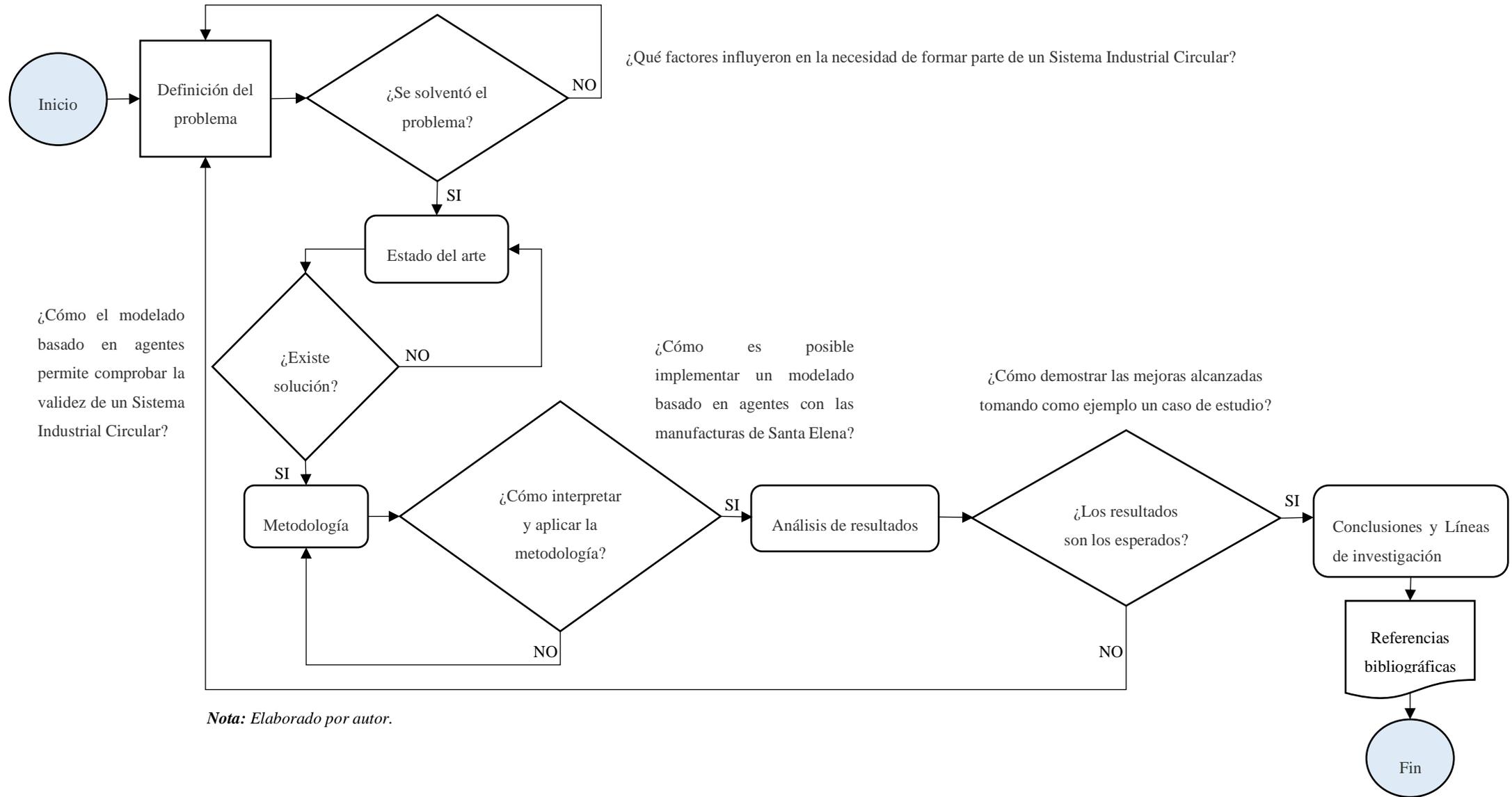
En Ecuador se gestionan normativas y reglamentos que permiten a las organizaciones iniciar la transición de la economía convencional hacia un SIC mediante el Libro Blanco de la Economía Circular, talleres de capacitación, entre otros. Con el fin de obtener innovadoras ventajas competitivas y sostenibles que originen beneficios económicos y ambientales para la sociedad (Ridaura, 2020).

En cuanto al sector manufacturero se refiere como el motor impulsador de crecimiento y desarrollo económico convirtiéndose en el sector más relevante por crear plazas de trabajo incrementando empleos hasta en un 11% en los últimos 7 años incidiendo considerablemente en un 24% respecto al Producto Interno Bruto (PIB) con base en incremento de productividad, innovación y comercio (Torres et al., 2019).

En efecto la Superintendencia de Bancos presentó el informe del sector industrias manufactureras del año 2022 evidenciando que la economía del país registró una tasa de decrecimiento inferior al PIB total en el año 2020 que bajo estimación del Banco Central del Ecuador (BCE) el sector crecerá en niveles ligeramente inferiores a 2,4% según la tasa de crecimiento de la economía en su conjunto 2,8%. Mientras que el comportamiento por provincia mediante la banca privada demostró que Santa Elena manipula el 0,11% del saldo de la cartera bruta del sector caso diferente a la banca pública que generó un 3,12% del saldo (Superintendencia De Bancos, 2022).

El trabajo de titulación se realizó con el propósito de brindar información clara y concisa como aportación a los hitos investigativos sucesores por consiguiente en la Figura 1, se presenta el diseño de un flujograma capaz de responder a detalle la problemática de la investigación.

Figura 1. Flujograma de la problemática investigativa.



Partiendo de lo anteriormente expuesto, el trabajo de integración curricular se plantea en Santa Elena, Ecuador. Donde se bosqueja un MBA direccionado a comprobar la validez de un SIC debido a la necesidad de inclusión con nuevos modelos de conservación ambiental que generen vías de desarrollo sostenible con beneficio económico y medioambiental.

Mediante una estratificación por cantones pertenecientes a Santa Elena se busca el desarrollo de la investigación planteada, por ser estos tres sectores (Salinas, La Libertad y Santa Elena) parte de su conformación como jurisdicción con la finalidad de distinguir a las empresas que van hacer estudiadas y a su vez realizar la debida identificación de las distintas redes de interacción que se puedan originar de manera simulada con proyecciones en el mundo real entre los agentes (manufacturas). Se busca, además, demostrar que la aplicación de un MBA es beneficioso y aún más si las empresas desean involucrarse en el SIC, ofreciendo mediante modelos una oportunidad de cambio del modelo tradicional al modelo circular logrando el desperdicio cero.

Con este contexto, el objetivo del trabajo de titulación se orienta en explicar el MBA para la comprobación de un SIC en Santa Elena, Ecuador. Y con la finalidad de proporcionar el cumplimiento del mismo se presentan los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar un estudio del estado del arte, mediante una revisión sistemática de la literatura, para el sustento de la simulación mediante modelado entre agentes.
- Establecer un marco metodológico, por medio de estudios de modelados basado en agentes con simulaciones en software.
- Explicar la validez de un sistema industrial circular mediante un modelado basado en agentes.

El propósito de la investigación es aportar conocimiento innovador a Santa Elena, debido a que quizás si existe la ideología de un cambio mediante el modelo propuesto pero no se evidencia el nivel de confianza establecido en algo real, esto cataloga a la investigación apremiante al presentarse un déficit de conocimiento al cambio planteado por el SIC y a su vez importante porque busca mejorar la calidad de

vida de una sociedad partiendo desde el eslabón más fuerte de desarrollo como son las empresas.

Santa Elena carece de investigaciones portadoras al SIC esto atribuye originalidad al tema investigativo debido a que se citaron autores con estudios realizados en países externos, mientras que la viabilidad de la investigación se basa en la aplicación de la tecnología mediante software para simulación y modelado matemático creando un medio de confiabilidad demostrando ser eficiente y eficaz. Entre los potenciales beneficiarios se consideraron las empresas de Santa Elena por ser quienes toman la decisión de adoptar un MBA y los ciudadanos por encontrarse inmersos en el ambiente de las entidades, en el desarrollo de las ciudades y provincia.

En resumen, los apartados por capítulo de la investigación consienten:

Capítulo I: Evidencia el análisis de investigaciones redactadas en artículos y casos de estudios concadenados bajo una revisión sistemática de la literatura para el sustento del estado del arte en compendio a bases teóricas que fundamenten el MBA la EC o el SIC.

Capítulo II: Comprende el marco metodológico en el que se establecieron los enfoques y el alcance de estudio, planes de evaluación y actuación, herramientas, técnicas, estructuras de modelos y la operacionalización de las variables (independiente y dependiente) destacando las dimensiones y los indicadores como influyentes a la generación de los ítems (interrogantes) considerados en la investigación. Esto con el fin de garantizar una adecuada estructura metodológica para la definición de la población, muestra, el correcto procesamiento y análisis de la obtención de datos en vías al desarrollo del trabajo de integración curricular.

Capítulo III: Exposición de los resultados obtenidos producto del acopio de datos analizados junto al desarrollo de propuesta y modelados planteados evidenciando el debido cumplimiento de los objetivos en el estudio.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes investigativos

Para Hernandez-Marquina et al., (2021) el Sistema Industrial Circular también conocido como Economía Circular (EC) se presenta como un nuevo modelo económico que permite la superación de problemas relacionados con el agotamiento de los recursos naturales y la crisis ambiental mediante cambios en el modelo de consumo clásico, que generalmente se encuentra relacionado con una cadena de suministro lineal (tomar-hacer-desechar) dicho de otro modo, la EC se desarrolla en repensar y rediseñar tanto productos como servicios, implementando la recirculación de materiales con la finalidad de regenerar los sistemas naturales y a su vez reducir la generación de contaminación y residuos.

En el marco de la EC se analiza la oposición a la economía lineal debido a que los actores económicos no ejercen efectos netos sobre el medio ambiente. En la última década este modelo ha ganado interés llegando a ejercer una gran influencia entre diversos actores de la sociedad y sus actividades, inclusive se menciona que las industrias, la academia, la organización no gubernamental (ONG) y los encargados de formular políticas también se han visto inmersos en el cambio que propone la EC (D'Amato et al., 2017).

Raimbault et al., (2020) exponen un estudio en el que es posible crear un vínculo de beneficio mutuo entre la EC y el MBA con tan solo estudiar las interacciones simbióticas que se presentan por medio de dinámicas entre las empresas, siendo el MBA el analizador de las propiedades a nivel macro de los sistemas simbióticos dadas las propiedades de un área geográfica alcanzando de esta manera los objetivos de circularidad. Entre los resultados del estudio destacan los niveles bajos de agrupamiento por ser quienes apenas tienen efecto sobre la circularidad del sistema, sugieren el emparejamiento de empresas ubicadas en el mismo centro/ciudad/parque industrial ya que solo se consigue un efecto significativo si el emparejamiento pasa de moderado a fuerte.

Mientras que Han et al., (2022) aplican el MBA para la simulación del comportamiento de plantas industriales evaluando el impacto de sus interacciones en

un eco-parque industrial (EPI), acogiendo este modelo por comprender los comportamientos individuales y las interacciones dentro del sistema por medio de algoritmos informáticos que analizan y optimizan el sistema de un EPI. Se demuestra que la simulación es eficaz por ofrecer nuevas aportaciones respecto al comportamiento del sistema además incursiona las trayectorias evolutivas optimizadas del sistema en circunstancias complicadas modelando y simulando los flujos de materiales y el proceso de simbiosis industrial dentro de un EPI.

A su vez, Marvuglia et al., (2022) analizan la aplicación de un modelado sobre las dinámicas que se presentan en las decisiones sostenibles de los agricultores, demostrando que un MBA es una herramienta meritoria para el análisis de las interacciones humanas en un contexto ambiental y social determinado. Iniciando el modelado con la asignación de la información geográfica como una propiedad a cada agente, la misma información territorial se empleó para elaborar una red entre los agricultores basada en la proximidad geográfica resultando muestras de probabilidad entre agricultores cuyas granjas estén cerca en el espacio, se conozcan, interactúen, intercambien materiales (como estiércol) y además se den consejos unos a otros.

Por otro lado, en América Latina y el Caribe (ALC) en los últimos años la EC ha sido recibida y apoyada políticamente alcanzando 80 iniciativas públicas que ya aceleran y agrandan las prácticas circulares en la economía, tanto así, que en noviembre del año 2019 en la reunión del Foro de Ministros de Medio Ambiente de América Latina y el Caribe se exhibieron propuestas para implantar una Coalición Regional sobre EC diseñada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en estrecha colaboración con la Organización de las Naciones Unidas (ONUDI) con la finalidad de generar una visión y estrategia regional común sobre la EC (Schröder et al., 2020).

Quezada (2020) menciona que Ecuador es uno de los países pioneros que buscan implementar estrategias de EC con proyectos de ley en materia, además detalla que el país posee sectores estratégicos capaces de adaptarse al modelo de circularidad, entre ellos menciona al sector de construcción, transporte y movilidad, agroindustrias, de manufactura, telecomunicaciones y electrónica. De manera consecuente se espera que en el país las empresas se involucren al sistema industrial circular, por ello se ha tomado la iniciativa de talleres de capacitación y la creación del Libro Blanco de la

Economía Circular, además las normas INEN en conjunto al Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca buscan la implementación de una marca de EC en las industrias que cumplan con los requerimientos establecidos en una norma técnica con base en la Organización Francesa de Normalización (AFNOR), (Almeida-Guzmán & Díaz-Guevara, 2020).

De manera consecuente realiza actividades enmarcadas al sistema industrial circular, entre estas se expone que el país genera un valor alrededor de 245.000,00 toneladas de basura cada año, del cual 122.500,00 toneladas son recuperadas por los recicladores base, representando más del 50% de material apto para reciclaje, también se presentan 12 empresas autorizadas para gestionar residuos sólidos urbanos, proyectos de producción sostenibles de camarón y ya se plantean iniciativas para el sector bananero (Arroyo-Morocho, 2018).

Finalmente, en la provincia de Santa Elena se presenta un análisis realizado en varias comunas pertenecientes al sector, en el que se menciona la importancia de mantener el patrimonio natural de la zona como balnearios, la tierra con fines agrícola, la cultura, ente otros, debido a que en el transcurso del tiempo se han deteriorado y esquilmo por causa de los factores estructurales como la pobreza y el desempleo, a eso se suma la falta de conciencia social con respecto a la importancia de respetar y preservar el medioambiente (Sociedad Internacional, 2010).

En el presente trabajo de integración curricular se plantea que la investigación podrá servir para evaluar el comportamiento de un sistema industrial circular en Santa Elena, Ecuador acotando que más adelante se presenta un asentamiento sobre el modelado basado en agentes que permita una visión real de posible interacción y demuestre la capacidad de sustentar el argumento sobre la evaluación y validez del tema mencionado líneas anteriores.

1.2. Estado del arte

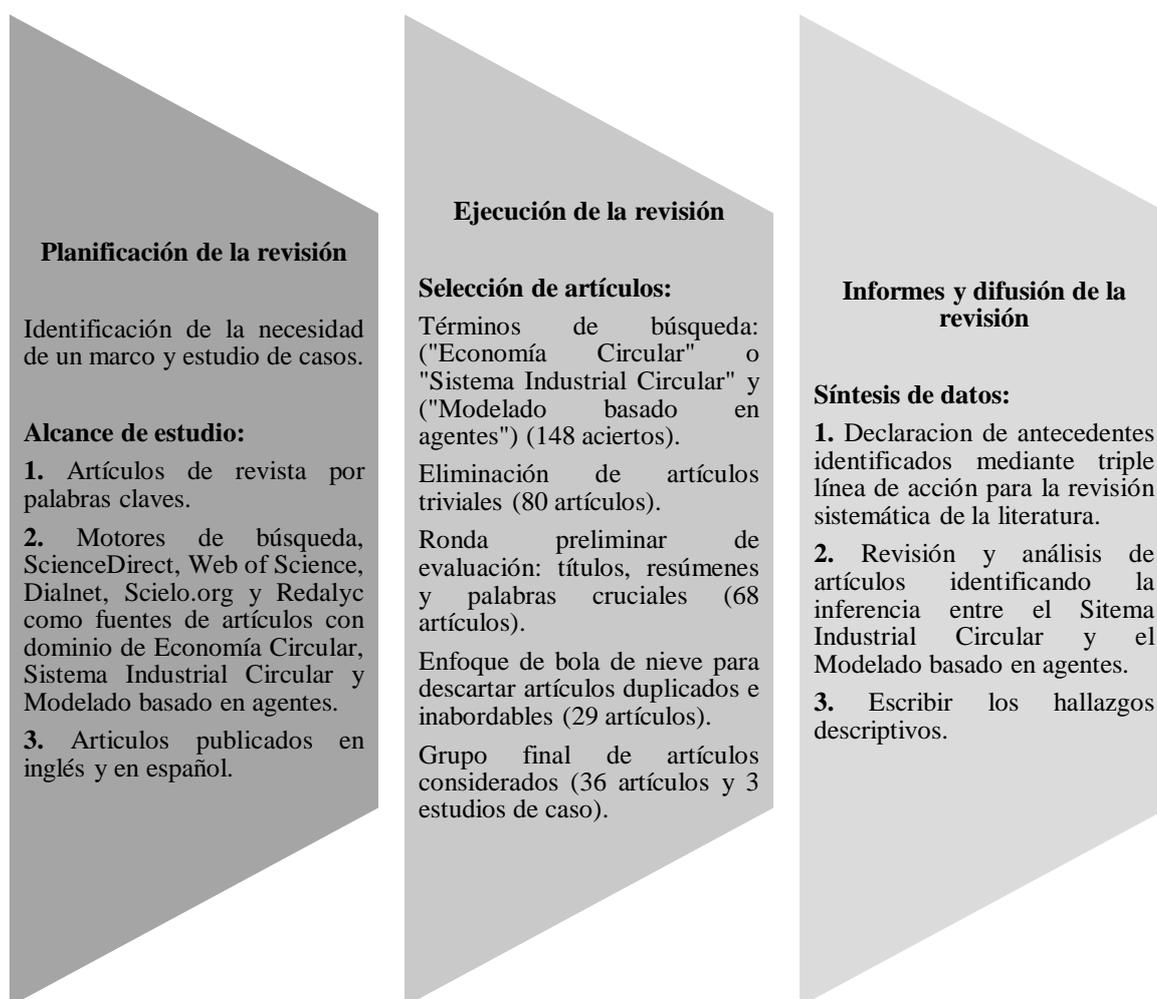
Carrizo & Moller (2018) mencionan la revisión sistemática de literatura (RSL) como un modelo de análisis secundario que destina metodologías propias que permiten reconocer, distinguir y entender toda la información posible que se encuentre a disposición y relacione el tema de búsqueda específico posibilitando la evaluación y conjugación de evidencias adquiridas de investigaciones primarias utilizando un método riguroso.

Mediante los motores de búsqueda ScienceDirect, Web of Science, Dialnet, Scielo.org y Redalyc se investigó artículos en revistas científicas más relevantes que sustentaran el preámbulo de estudio del Sistema Industrial Circular, el modelado basado en agentes y la simulación, considerando criterios de interés rigurosos de inclusión y exclusión permitiendo una agrupación de datos específicos con base a la inducción de análisis de la información obtenida (Ochoa-Sangrador, 2019).

Se seleccionaron artículos publicados en idiomas de inglés y español empleando herramientas tecnológicas, posibilitando un alcance investigativo de 148 artículos de los cuales se exceptuaron 80 por el no cumplimiento de criterios de inclusión y exclusión; se eliminaron también 29 artículos por encontrarse duplicados los mismos que fueron detectados mediante el modelo de bola de nieve investigado por Navarrete et al., (2022), obteniendo como resultado 36 artículos y 3 estudios de casos sirviendo estos como base teórica fundamental en la investigación realizada.

En la Figura 2, se expresa la conformación de la triple línea de acción que conlleva a una ejecución correcta de una revisión sistemática de literatura (RSL) organizando lo anteriormente expuesto por etapas de la revisión, ente ellas: la planificación, ejecución y la difusión de informes.

Figura 2. RSL con base en Triple línea de acción.



Nota: Elaboración propia.

Este estado del arte posee como base una RSL que permitió constituir diversidad de diseños de investigación (cuantitativos, cualitativos y métodos mixtos) permitiendo de la selección de 39 apartados que se clasificaron por medio de la lectura realizada en introducción, resultados y discusiones obteniendo como derivación una RSL más rigurosa. En la Tabla 1, se destaca entre análisis las herramientas empleadas los resultados obtenidos por investigación y las oportunidades de sinergia.

Tabla 1. Artículos para la RSL.

N°	Autor	Herramientas	Resultados	Oportunidades de sinergia
1	(Ahmed et al., 2022)	3 R Principios de la EC.	Incidencia de los principios de EC en toma de decisiones productivas.	Cambios radicales en modelos lineales con base en principios de EC.
2	(Almeida-Guzmán & Díaz-Guevara, 2020)	Principios de la EC.	Transformación de un modelo lineal a un modelo circular.	Creación de una red de industrias vinculadas en métodos de la EC.
3	(Anderson & Ye, 2019)	Modelos de agentes.	Visión real de los comportamientos entre agentes mediante una red.	Simulación de la dinámica entre agentes por medio de modelados.
4	(Andrago-Alobuela & Arroyo-Morocho, 2022)	Lista de cotejo entre I4.0 y EC.	Establecimiento de los desafíos y oportunidades al implementar I4.0 y EC como medio de transición en manufacturas ecuatorianas.	Hoja de ruta como medio de transición lineal a circular en industrias ecuatorianas.
5	(Arroyo-Morocho, 2018)	Enfoques de modelados.	Modelos de negocio de EC.	Integración de modelados circulares en procesos de manufactura.
6	(Araya, 2020)	Enfoques de modelados.	Captura de complejidades inherentes entre individuos (agentes).	Sistematización del comportamiento emergente de un sistema con la interacción de agentes.
7	(Arcila-Calderón et al., 2021)	Patrones de comportamiento.	Enfoque computacional de la comunicación.	Identificación de patrones por medios computacionales.
8	(Asante et al., 2022)	6 R Principios de la EC	Estrategias de información y guianza para economías emergentes.	Prácticas de EC en manufacturas con base en las 6R.
9	(Bozdogan et al., 2022)	Flujos inmersos en la cadena de suministro.	Cadena de suministro de circuito cerrado (CLSC).	Diseño de red con fines de ciclo cerrado.

10	(Camargo-Boyacá, 2019)	Herramienta de simulación basada en agentes.	Reducción de costos de simulacros y la evaluación de seguridad en entornos arquitectónicos.	Reducción de costos y evaluaciones reales de procesos aplicando herramientas de simulación basada en agentes.
11	(Canossa-Montes de Oca, 2021)	Estrategias empresariales con visión sostenible, circular e inteligente.	Propuesta de implementación con iniciativas circulares.	Mejora empresarial utilizando métodos de la EC.
12	(D'Amato et al., 2017)	Indicadores de la sostenibilidad.	Congruencia en aspectos económicos, ambientales y sociales respecto a los indicadores de sostenibilidad.	Identificación del grupo incidente al cambio propuesto por la EC.
13	(Díaz-Martínez et al., 2018)	Software FlexSim.	Simulación entre agentes.	Abstracción del ecosistema real con visiones en 3D mediante simulador FlexSim.
14	(ES MAPAMA & MIMEINCO, 2018)	Objetivos del Desarrollo Sostenible (ODS).	Transición hacia una EC.	EC enmarcada en los ODS.
15	(Fouladvand et al., 2022)	MBA	Sistema integral de seguridad en ecosistemas.	Estudio y análisis entre dimensiones en un ecosistema mediante un MBA.
16	(Han et al., 2022)	MBA	Simulación con redes de simbiosis no lineal entre industrias.	MBA con simulación de carácter funcional en ecoparques.
17	(Hernandez-Marquina et al., 2021)	Value Stream Mapping	Mejora en los sistemas industriales circulares empleando Value Stream Mapping.	Herramientas de manufactura esbelta en un contexto circular.
18	(Iglesias-Piña, 2021)	Taxonomía de indicadores en la EC.	Simbiosis industrial como instrumento modelo hacia un DS en EC.	Simbiosis industrial como fuente relevante de cambio entre modelo lineal a circular.
19	(ISO, 2019)	Principios propuestos por la ISO	Requisitos, guías y métodos que permitan la durabilidad o la capacidad de actualización de un producto.	Técnicas de aplicación enmarcadas en la EC respecto a la elaboración de productos.

20	(Loayza-Pérez & Silva-Meza, 2013)	Grupo focal.	Incorporación de estrategias verdes en las empresas como medio de reducción de huella ambiental.	Grupos beneficiados con la implementación de un EPI con base en estrategias verdes.
21	(Luściński & Ivanov, 2020)	Cuatro aspectos generales de FlexSim	Cumplimiento de los aspectos generales en simulación.	Procedimiento multifacético en modelados.
22	(MAATE, 2019)	Actas de Sostenibilidad.	Acuerdo Nacional sobre Ciudades Sostenibles.	Asociación Gubernamental mediante gestiones sostenibles en Santa Elena.
23	(Marvuglia et al., 2022)	Herramientas analíticas-descriptivas cuantitativas avanzadas.	Interacción entre actores sociales.	Aplicación de MBA para el análisis de interacción entre agentes.
24	(Naciones Unidas, 2021)	Principios de la EC.	EC como un medio revolucionario en las empresas.	Oportunidades de creación de valor enmarcado a la EC.
25	(ONUDI, 2017)	Multicriterio de expertos.	Desarrollo y fortalecimiento de estrategias nacionales enmarcadas en la sostenibilidad.	Intervención de multicriterio de expertos como medios establecedores de estrategias circulares.
26	(Pavón et al., 2006)	Simulación con agentes software.	Facilidad para modelar aspectos organizativos y de comportamiento individual.	Interacción entre manufacturas mediante simulaciones con agentes software.
27	(Pavón et al., 2012)	Indicadores de un MBA.	Construcción de modelos a partir de la identificación de las entidades que participan en el sistema, los agentes y las interacciones entre ellos.	Diseño de un MBA con base en indicadores.
28	(Pellicer-Jordá, 2013)	Binomio comunicación y tecnología.	Impactos de la tecnología en la sociedad.	Dominio de interacciones sociales por medios tecnológicos.
29	(Pietrulla & Frankenberger, 2022)	Tipologías de un Modelo Comercial Circular (MCC).	Marco de gestión integrado para un MCC.	Gestión integrada de tipologías en modelos de negocios sustentables.

30	(Porcelli & Martínez, 2018)	Limitaciones al modelo lineal y los principios de la EC.	Consecuencias producto de la aplicación del modelo lineal con reajustes en EC.	Posibilidad de cambio existente entre el modelo lineal al modelo circular.
31	(Quezada, 2020)	Foro de conocimientos.	Proyectos de ley en materia en sectores estratégicos.	Intercambio de información sobre EC en sectores estratégicos de Ecuador.
32	(Raimbault et al., 2020)	MBA	El MBA facilita un marco para analizar las propiedades a nivel macro de los sistemas simbióticos.	Simulación y optimización de sistemas circulares en red.
33	(Rand, 2013)	Tipos de modelados.	Ventajas de una correcta aplicación de modelado.	Visión real de una simulación entre redes con modelado más óptimo.
34	(Ridaura, 2020)	Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).	Impulsos de gestión circular direccionados a la sostenibilidad en Ecuador.	Legislación que sustente cambios sostenibles en Ecuador.
35	(Schröder et al., 2020)	Colisión Regional sobre EC.	Originar una visión y estrategia regional común referente a la EC.	Visión y estrategia regional de EC en América Latina y el Caribe (ALC).
36	(Sociedad Internacional, 2010)	Técnica de análisis de prácticas sociales responsables.	Cuidado de patrimonio natural de Santa Elena.	Incidencia de responsabilidad social en patrimonio natural de Santa Elena.
37	(Superintendencia De Bancos, 2022)	Datos estadísticos PIB.	Informe anual del sector de industrias manufactureras.	Acciones de mejora en el sector industrial con base en curvas estadísticas del PIB.
38	(Syahputri et al., 2021)	Software Anylogic.	Mejora por toma de decisiones.	Procesos industriales mejorados por software.
39	(Torres et al., 2019)	Datos estadísticos PIB.	Incidencia del sector manufacturero en el Producto Interno Bruto (PIB).	Motor económico generador de utilidades para el PIB.

Nota: Elaborado por autor.

1.2.1. Revisión del Modelado basado en agentes

Porcelli & Martínez, (2018) mencionan que la EC posee alianzas con la tecnología informática especialmente con internet por ser mecanismos que permiten la colaboración e intercambio de conocimiento más eficiente impulsando a las entidades acoger técnicas que proporcionen una visión real de los sistemas complejos en los que varias partes se encuentran fuertemente vinculadas entre sí.

Consecuentemente un Sistema Industrial Circular recomienda un modelo económico regulado bajo leyes de la naturaleza como redes de componentes que interaccionan entre sí, intercambiando flujos de materiales y energía, patrones de reciclaje y adaptación ambiental (Almeida-Guzmán & Díaz-Guevara, 2020).

Arcila-Calderón et al., (2021) mencionan que en el Norte Global como en regiones de Iberoamérica los sistemas computacionales crean ideas prometedoras al cambio por medio de investigación, creando acceso a los conjuntos grandes de datos permitiendo la recopilación, visualización y análisis de los mismos.

Por consiguiente Pellicer-Jordá (2013), detalla que la tecnología es la mediadora en las nuevas formas de entender la sociedad llegando a ser consideradas como el cuarto poder, es indudable la influencia que estos medios generan en la sociedad, en el mercado de trabajo y en el mercado de la información que inclusive se puede apreciar el desarrollo acelerado en el día a día de mejores estilos de convergencias y conectividades en el futuro.

En la misma línea Marvuglia et al., (2022) definen a los agentes como entidades sociales autónomas físicas o virtuales que se desenvuelven en un entorno dinámico, demostrando la capacidad de relacionarse con demás agentes y sus entornos, además se encuentran aptos para aprender y adaptarse en respuesta a los cambios que se presenten.

Mientras que Fouladvand et al., (2022) mencionan que los agentes son las entidades que permiten una toma de decisiones heterogéneas, autónomas e individuales. Define también que el MBA permite el análisis del comportamiento de los sistemas emergentes, con la opción de agregar la variable de tiempo, permitiendo el examen de diferentes escenarios comprendiendo entradas, variables y salidas. Del

mismo modo Araya, (2020) describe al MBA como un enfoque que permite modelar sistemas complejos conformados por elementos individuales, también conocidos como agentes, los cuales producen un comportamiento sistémico, además detalla que estos modelos poseen dos técnicas que los diferencian de los demás, estas son: énfasis en la heterogeneidad de los agentes de modelado y los comportamientos emergentes. Se aclara también que el objetivo de usar un MBA no es para optimizar un sistema complejo sino para comprender el proceso que nace en un sistema complejo, finalmente recomienda usar MBA cuando el comportamiento humano sea un factor importante en el sistema ya que existen entidades que operan independientemente bajo incertidumbre, y hay factores económicos, sociales o políticos involucrados.

Por otro lado, un modelado basado en agentes, es reconocido como un método más eficiente, por encontrarse apto para el estudio de una naturaleza dinámica y compleja entre las diferentes interconexiones que se presentan por parte de los agentes o individuos. Este modelo basado en agentes se emplea con la finalidad de poder modelar un problema genérico de diseño de red de empresas, con el único objetivo de integrar a los individuos a la red, y a su vez dar respuesta al dinamismo obteniendo como resultado una estructura más realista descartando las suposiciones requeridas (Bozdogan et al., 2022).

Pavón et al., (2006) establecen que a través de los años se han desarrollado variedad de herramientas que permiten la simulación de sistemas complejos, uno de ellos es el MBA el cual permite el análisis de su comportamiento y la respectiva ejecución de un grupo de agentes (que pueden ser de distintos tipos) que interactúan en un entorno. Además, demuestra en su investigación que el usuario puede crear sus propios modelos de forma gráfica siempre y cuando conozca el entorno de simulación y las herramientas que le ofrecen para poder generar resultados.

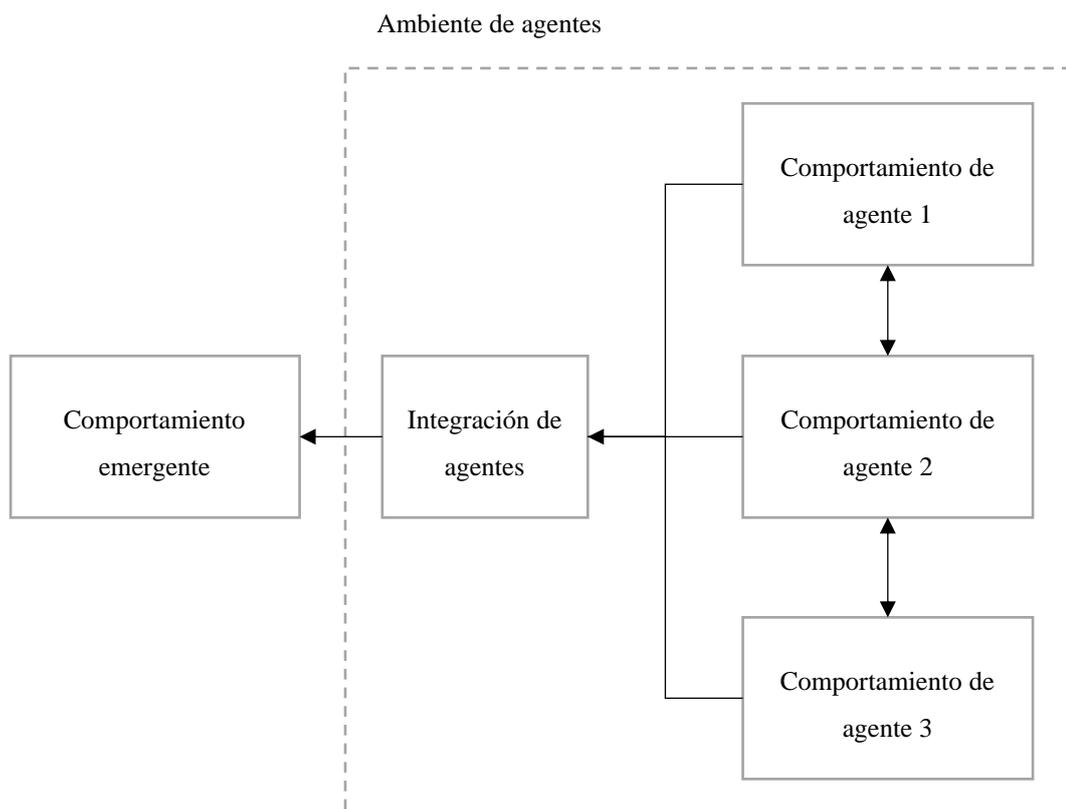
Mientras que el modelado no es más que un proceso de abstracción de la realidad a un lenguaje de logaritmo que brinda una mejor comprensión respecto a los principios que la regulan y los fenómenos observados para asegurar una validez continua con fiabilidad y aplicabilidad (Pavón et al., 2012).

Anderson & Ye, (2019) representan gráficamente a los individuos como agentes que interaccionan entre sí por medio de redes, las mismas que representan a los individuos como nodos y a las interacciones entre ellos como bordes. Sin embargo

es necesario resaltar que los modelados entre agentes son menos apropiados si las redes son cada vez más grandes pero que son de mucha utilidad para examinar la interacción entre los grupos pequeños ya que son conjuntos que también toman decisiones importantes.

Fouladvand et al., (2022); Araya, (2020); se refieren al MBA como una herramienta más eficiente que en las dos últimas décadas esta siendo cada vez más empleada, permite la exploración del comportamiento de sistemas complejos conformados por elementos individuales (agentes) en diferentes escenarios comprendiendo entradas, variables y salidas incluyendo la intervención en toma de decisiones brindando la oportunidad de experimentar variables en el tiempo. Además mencionan dos técnicas que permiten la diferencia de este modelado siendo la primera el énfasis en la heterogeneidad de los agentes de modelado y la segunda definida por los comportamientos emergentes. A continuación en la Figura 3, se plasma la sistematización del comportamiento emergente de un sistema con la interacción de agentes.

Figura 3. Sistematización del comportamiento emergente con agentes.



Nota: Elaborado por autor basado en (Araya, 2020)

En el libro de Rand (2013) se presentan las redes de modelados bajo el nombre de arquetipos los cuales representan una realidad simplificada que facilita los planos de un sistema a detalle con una vista de alto nivel con el que será construido, presenta también dos tipos de modelos: 1) Modelado estructural destacando la organización del sistema y 2) Modelado de conducta, acentuando los aspectos dinámicos. Estos tipos de modelados acreditan ventajas al ser aplicados como la apreciación visual al desarrollar un diseño, especificación estructural y la conducta del sistema, además de brindar una plantilla como guía de los procesos a construir documentando las decisiones que se han tomado.

De manera consecuente Pavón et al., (2006) describen que al modelar el usuario cuenta con total disposición de diseñar sus propios ejemplares de forma gráfica conociendo en primera instancia el entorno de simulación y las herramientas que el software (de uso determinado) le brinda para generar resultados. Mencionan que aplicando la modelación en sistemas complejos existe la posibilidad de formar recopilación de simulaciones en distintos entornos, transformando el modelo gráfico en líneas de códigos que con transformación se puede adaptar a varios entornos de simulación con el fin de cotejar resultados posteriormente. Además, se consigue establecer un conjunto de agentes, que pueden ser de distintos tipos, en un ambiente en el cual se observa el comportamiento permitiendo estudiar la conducta colectiva emergente y las propensiones de la evolución del sistema.

Bozdogan et al., (2022) expone que la finalidad de un MBA es poder modelar un problema genérico de diseño de red entre empresas con el único objetivo de integrar a los individuos a la red brindando una respuesta al dinamismo con base a una estructura realista que describe por medio de simulaciones una interpretación de red con fines de ciclo cerrado.

Como última acotación una de las ventajas de trabajar con MBA es poder hacer recopilación de las simulaciones en distintos entornos, es decir, el modelo gráfico se transforma en un código y realizando la debida transformación se puede adaptar a diversos entornos de simulación con la facilidad de comparar resultados posteriormente.

Seis años después Pavón et al., (2012) describen a la simulación con computador como un instrumento cada vez más empleado en variedad de disciplinas

que permite un análisis a nivel macro (el proceder observable del sistema como un todo) y a nivel micro (las entidades del sistema que se adecuan a los cambios que distinguen por medio de las interacciones con otras entidades). A través de los años varias plataformas han desarrollado simuladores de modelos basados en agentes, las más empleadas actualmente se encuentran en el recuadro de “Herramientas de simulación basada en agentes”.

De hecho, Pietrulla & Frankenberger (2022) analizan el incremento de publicaciones respecto al tema de modelos circulares, debido a que, son prometedores al cambio entre un sistema lineal a un sistema circular. Por eso los modelados prometen una ventaja competitiva por medio de la innovación inspirada de la sostenibilidad, además interrelaciona a los modelos circulares y a la EC como un sistema industrial restaurativo o regenerativo por intención y diseño.

En la investigación realizada por Camargo-Boyacá, (2019) se mencionan múltiples compañías que han desarrollado herramientas de software para simular sistemas emergentes a medida que la tecnología va avanzando, la lista de herramientas de simulación se encuentra enmarcada en la Tabla 2, detallada por herramienta y desarrollador o propietario.

Tabla 2. *Herramientas de simulación basada en agentes.*

Herramienta	Desarrollador o propietario
PATHFINDER	THUNDERHEAD
Pedestrian Dynamics	INCONTROL
Pedestrian Simulation Software	ANYLOGIC
LEGION	Bentley
SIMULEX	Integrated Environmental Solutions Limited
VISWALK	PTV GROUP
FDS + EVAC	VTT Technical Research Centre of Finland
NETLOGO	Northwestern University

Nota: Elaborado por autor basado en (Camargo-Boyacá, 2019).

Cuando de estudiar redes se trata se involucran las manufacturas y el sistema se transforma en un lenguaje único de redes de simbiosis industrial (SI) que hace posible las simulaciones entre las entidades estudiando las posibles interacciones. Han et al., (2022) analizan los principales métodos para modelar un sistema complejo por redes de simbiosis, entre ellos mencionan:

- Análisis de red (AN): se especializa en las conexiones sociales y ecológicas entre entidades dentro de un parque industrial sostenible (EPI). El modelador puede registrar los desperfectos estructurales del sistema EPI y descubrir el mecanismo que influye entre el metabolismo industrial y la estructura de la red por medio de cálculos de los índices característicos de la estructura de la red.
- La dinámica del sistema (DS): es un enfoque deductivo (de arriba hacia abajo) que analiza las características de información–retroalimentación respecto a la actividad industrial.
- Integración total del sitio (ITS): hace referencia al sitio completo de procesos, es decir, un sistema integrado que busca reducir el impacto ambiental optimizando el uso y la recuperación de los recursos. Además, se encuentra apto para revelar relaciones de SI potenciales facilitando la planificación de un EPI procurando la integración de procesos de agua, energía, desechos sólidos y la conexión entre ellos.

Sin embargo, se presentan contrapartes en la aplicación de estos modelados en procesos de SI, el modelado basado en AN es de información limitada para la simulación sistemática de dinámicas, mientras que el modelo DS posee una baja demanda de cantidad y precisión de datos respecto a la heterogeneidad de las empresas y no es apto para valorar la evolución de la SI entre agentes. Al contrario del modelado por ITS que emplea análisis de simbiosis urbano-industrial y MBA ofreciendo un sistema adaptativo complejo (SAC) por involucrar múltiples sectores y comportamientos interactivos no lineales (Han et al., 2022).

Raimbault et al., (2020) exponen la posibilidad de crear vínculos con beneficio mutuo mediante interacciones simbióticas aprovechando las dinámicas entre empresas por medio de un MBA demostrando la capacidad de analizar las propiedades a nivel macro de los sistemas simbióticos, haciendo énfasis en que la SI esta estrictamente ligada a la EC por la búsqueda de aminorar la absorción de materias primas y disminuir

la producción total de desechos regenerando los materiales mediante otros usos para aumentar el servicio prestado.

Por ello desde el año 2006 por primera vez se menciona al modelo comercial circular (MCC) como el medio de creación de valor circular que aborda desafíos sociales y ambientales creando coste compartido por partes interesadas mediante sinergias a partir de los desechos (Pietrulla & Frankenberger, 2022).

Con la finalidad de comprender este tipo de interacciones de sistemas complejos o sistemas dinámicos (MBA) se desarrollan diariamente avances tecnológicos que permiten la creación de simuladores capaces de extraer la realidad de un ecosistema mediante un modelo de simulación utilizando softwares que de manera efectiva asesoren la correcta toma de decisiones (Díaz-Martínez et al., 2018).

Se recurre a la simulación por la capacidad de imitación referente a los funcionamientos extraídos de la apreciación real de un ecosistema ya sea de procesos o sistemas que mediante lenguaje computacional se fundamenta bajo cuatro aspectos:

- Métodos operativos
- Intención
- Simplificación y
- Experimentación

Cuatro aspectos que caracterizan al simulador FlexSim al presentarse como una modelación informática de simulación discreta ofreciendo al modelador y público en general una apreciación visual en 3D incluyendo una realidad virtual basada en experiencia (Luściński & Ivanov, 2020).

FlexSim también admite simular aspectos alineados en logística, organización, manipulación de materiales, entre otros y su finalidad consiste en la comprensión de la interacción entre los agentes ofreciendo la posibilidad de ejercer cambios en el sistema con la oportunidad de adaptar la toma de decisiones para beneficios del mismo en un determinado intervalo de tiempo (Syahputri et al., 2021).

1.2.2. Revisión del Sistema Industrial Circular

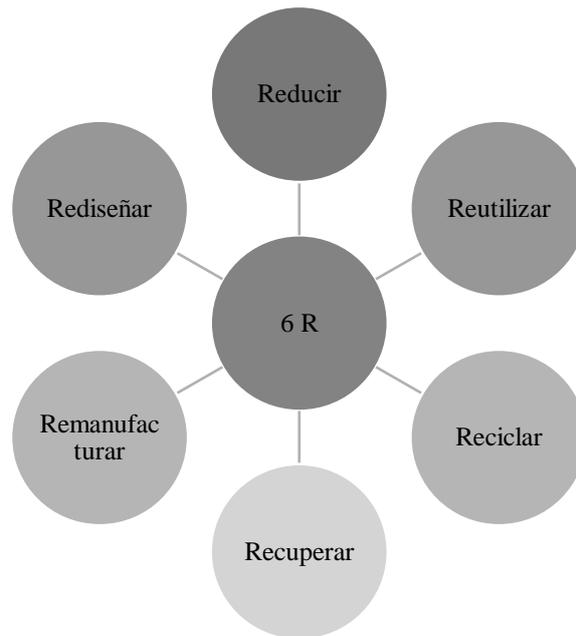
Los últimos 150 años de la evolución industrial se encuentran gobernados por el modelo tradicional lineal en el cual los productos/bienes son elaborados a partir de materias primas, que luego son vendidas, utilizadas para finalmente ser desechados como residuos. Todo este sistema lineal ha provocado fuertes amenazas en el medio, como por ejemplo: la creciente escasez y sobreexplotación de recursos, en medida como resguardo a estas acciones nace la EC quien presenta un cambio radical con el fin de obtener una economía sustentable para la sociedad (Andrago-Alobuela & Arroyo-Morocho, 2022).

Pietrulla & Frankenberger, (2022) definen a la EC como un Sistema Industrial Circular restaurativo o regenerativo por intención y diseño que se desenvuelve en un circuito cerrado o bucle de economía industrial que nace como alternativa sostenible en remplazo a la economía lineal bastante inestable.

Por la necesidad de un cambio de paradigma apremiante en consideración al deterioro que ha sufrido el planeta a causa del desarrollo industrial, surgen nuevos planteamientos de transformación mediante un nuevo modelo de producción y consumo sostenible involucrando la economía convencional “take-make-waste” (“extraer-fabricar-consumir-eliminar”) esta transformación genera cabida a la EC presentándose como una alternativa ante el modelo tradicional con el fin de reestablecer los sistemas naturales reduciendo la contaminación y residuos (Hernandez-Marquina et al., 2021; Porcelli & Martínez, 2018).

En la Figura 4, se presenta el modelo que ha captado el interés de empresas e investigadores de todo el mundo quienes lo consideran como una solución potencial con frente a la problemática existente de la sostenibilidad por parte de la industria y para su implementación trabaja bajo los 6 principios o las comúnmente llamadas 6 R con el propósito de enmarcar estratégicamente la manufactura en prácticas de la EC (Asante et al., 2022).

Figura 4. Principios de la EC.



Nota: Elaborado por autor basado en (Asante et al., 2022).

Es entonces, como la EC capta la atención de partes interesadas en todo el mundo, al ser considerada como una solución potencial a los problemas de sostenibilidad de la industria, por esa razón existen análisis que sugieren a las empresas centrarse más en las prácticas de EC (Asante et al., 2022). Ahmed et al., (2022) mencionan que, un modelo de economía circular es un modelo óptimo de aplicación debido a que implica la producción, consumo, eliminación de desechos con la finalidad de reciclarlos para una mayor producción, además rige bajo el concepto de Reciclaje, Reducción y Reutilización (3R), demostrando ser un modelo de economía circular más amigable en busca de una vía de desarrollo que precautele el medio ambiente y la sostenibilidad.

La EC desplaza el modelo tradicional lineal proponiendo una transición que genere un desperdicio cero, ejecutándose con base en tres principios: 1) eliminar residuos y contaminación, 2) mantener productos y materiales en uso, 3) regenerar sistemas naturales. Relacionando así esta conceptualización como un impacto directo en la lucha por el cambio climático y la prevención de residuos (Naciones Unidas, 2021).

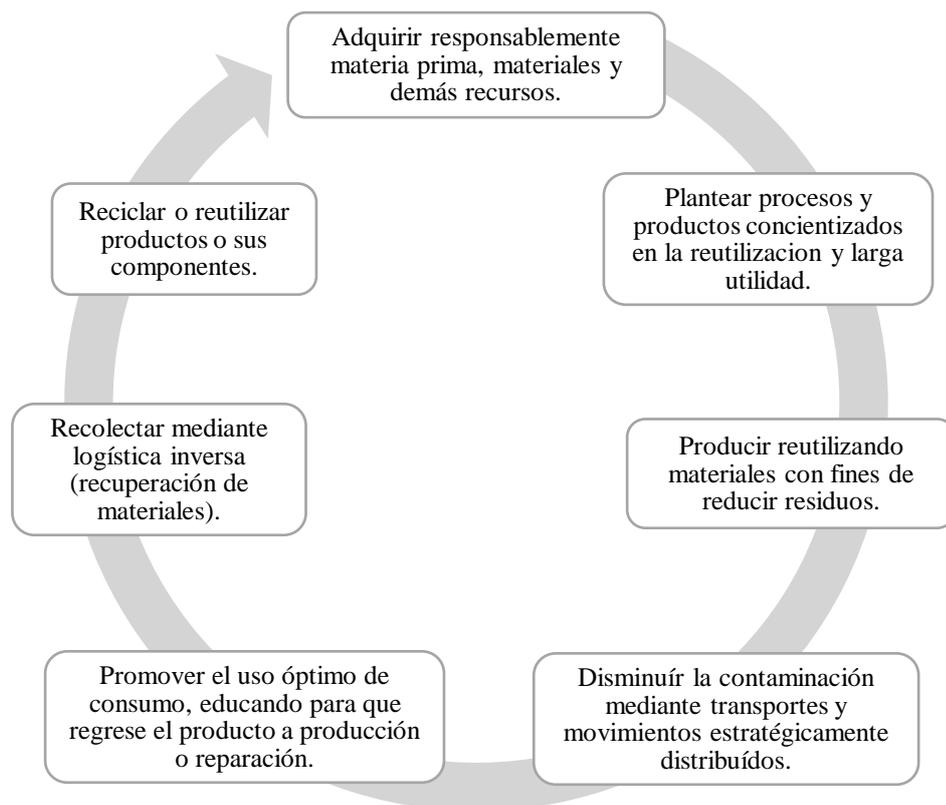
Esto de la mano con el grupo de agentes que influye de manera directa a la resiliencia de este innovador sistema debido a que dentro del cambio que propone la

EC D'Amato et al., (2017) enfatizan la gran influencia que ejercen los actores de una sociedad con sus actividades destacando la intervención de las industrias, la academia, la organización no gubernamental (ONG) y los apoderados de formular políticas.

Canossa-Montes de Oca, (2021) destaca que el propósito de un sistema industrial circular consiste en la prosperidad económica, la protección del medio ambiente y la prevención de la contaminación direccionando de esta manera el desarrollo sostenible (DS) que trabaja en conjunto con las empresas manufactureras anexando a su estructura una visión estratégica y sostenible ajustando sus procesos de producción con la finalidad de convertir la sostenibilidad en un elemento cultural y continuo dentro de la organización.

Para que esto sea posible en la Figura 5, se presenta el ciclo de los productos dentro de una manufactura con visión en EC, describiendo las 7 actividades que se desarrollan dentro de una industria para una ejecución eficiente de circularidad enmarcada en la sustentabilidad y sostenibilidad.

Figura 5. Ciclo de los productos dentro de una manufactura con visión en EC.



Nota: Elaborado por autor basado en (Canossa-Montes de Oca, 2021).

El apoyo de la EC se enmarca en principios como la diversidad, la resiliencia y el pensamiento sistemático, el cual necesita de un enfoque metabólico, incorporando ciclos materiales biológicos y tecnológicos. Por otro lado, para que la EC funcione en diferentes partes del mundo es necesario que gobiernos, productores, consumidores y sociedad en general acojan este modelo como una forma de generar productos desde el origen, en otras palabras, desde su diseño hasta su logística inversa (Almeida-Guzmán & Díaz-Guevara, 2020).

Porcelli & Martínez, (2018); Canossa-Montes de Oca, (2021); concuerdan que la economía lineal debe ser remplazada por la EC por no aportar a la sostenibilidad ya que su última etapa consiste en eliminar (botar) el producto elaborado además de ser incompatible en un mundo de recursos limitados donde es notable el incremento perpetuo de la intensidad material y energética.

A nivel mundial existen normativas como la Organización Internacional de Estandarización (ISO) que desarrolla pautas sobre EC con la finalidad de proporcionar requisitos, guías y métodos que permitan la durabilidad o la capacidad de actualización de un producto, entre las normativas se presentan la ISO 14001 (Sistema de gestión ambiental), ISO 26000 (Guía de responsabilidad social) y el comité ISO/TC 323 el cual posee como objetivo abarcar todos los conceptos de una EC, incluida la contratación pública, la producción y distribución, el final de la vida útil y áreas más amplias. Como fundamento documental en la Tabla 3, se presentan los siete principios en los que se deben basar las pautas anteriormente mencionadas (ISO, 2019).

Tabla 3. Principios propuestos por la ISO.

N°	Principios
1	Obtención sostenible de recursos.
2	Ecodiseño.
3	Simbiosis Industrial.
4	Economía de funcionalidad.
5	Consumo responsable.
6	Extensión del ciclo de vida del producto.
7	Gestión eficiente del fin de la vida útil de productos y materiales.

Nota: Elaborado por autor basado en (ISO, 2019).

Dentro de los ODS la EC se enmarca en el cumplimiento del Objetivo número 12: “Garantizar modalidades sostenibles de consumo y producción” en alianzas al Objetivo 8 “Trabajo Decente y Crecimiento Económico”, 9 “Industria, Innovación e Infraestructura”, y el 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles”, los cuales trabajan de manera conjunta para acrecentar la competitividad y disminuir la pobreza además de proveer el uso eficiente de la energía y de los recursos ambientales, los empleos ecológicos y una mejor calidad de vida (ES MAPAMA & MIMEINCO, 2018).

En los últimos años el hito de la EC ha recibido una acogida positiva en América Latina y el Caribe (ALC) llegando a 80 iniciativas públicas con apoyo político que aceleran y agrandan las metodologías circulares en la economía, por ello en el mes de noviembre del año 2019 en el Foro de Ministros de Medio Ambiente de ALC se exhibió la propuesta de una Colisión Regional sobre EC proyectada por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) en estrecha cooperación con la Organización de las Naciones Unidas (ONUDI) con el objetivo de originar una visión y estrategia regional común referente a la EC (Schröder et al., 2020).

De la misma manera países latinos como Argentina, Bolivia, Chile, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Paraguay y Panamá ya trabajan en un desarrollo industrial sostenible mediante la diversidad de empresas manufactureras que con visión sostenible aplican estrategias ligadas a la EC, así lo expone La Organización de las Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI, 2017).

Ridaura, (2020); Almeida-Guzmán & Díaz-Guevara, (2020); señalan que en Ecuador, el Ministerio de Producción, Comercio Exterior, Inversiones y Pesca realizan trabajos en conjunto con el Servicio de Normalización Ecuatoriano (INEN) para ejecutar una marca de EC en las industrias que efectúen los requisitos establecidos en una norma ética acogida por este organismo, basada en la normativa de EC creada por la Organización Francesa de Normalización (AFNOR).

En la actualidad, el país es reconocido como uno de los Estados más activos en América Latina respecto a la implementación de EC debido a las perspectivas de los objetivos del desarrollo sostenible (ODS), por antecedentes como: la normativa técnica “Principios de Economía Circular” basada en la norma BSI 8001, una publicación por parte del Ministerio del Ambiente del Programa Nacional para la Gestión Integral de

Desechos Sólidos-PNGIDS, Acuerdo Ministerial 042, el Plan de Limpieza Costera, El Libro Blanco de la Economía Circular y el Pacto por la Economía Circular, entre otros. Todos estos antecedentes reafirman la disponibilidad del país en compromiso con el cumplimiento de los ODS (Ridaura, 2020).

En tal sentido, el país realiza actividades enmarcadas a un sistema industrial circular permitiendo la recuperación de 122.500,00 toneladas de basura mediante recicladores base obteniendo más del 50% de material apto para reciclar conociendo que en Ecuador se genera un valor alrededor de 245.000,00 toneladas de basura cada año, también se encuentra en asociación con 12 empresas autorizadas encargadas de los residuos sólidos urbanos, proyectos de producción sostenibles de camarón mientras que el sector bananero ya muestra inicios de intervención en estas actividades (Arroyo-Morocho, 2018). Además, es uno de los países latinos que posee una visión pionera incursionando en tácticas de EC colocando proyectos de ley en materia en sectores estratégicos como la construcción, transporte y movilidad, agroindustrias, manufacturas, telecomunicaciones y electrónica (Quezada, 2020).

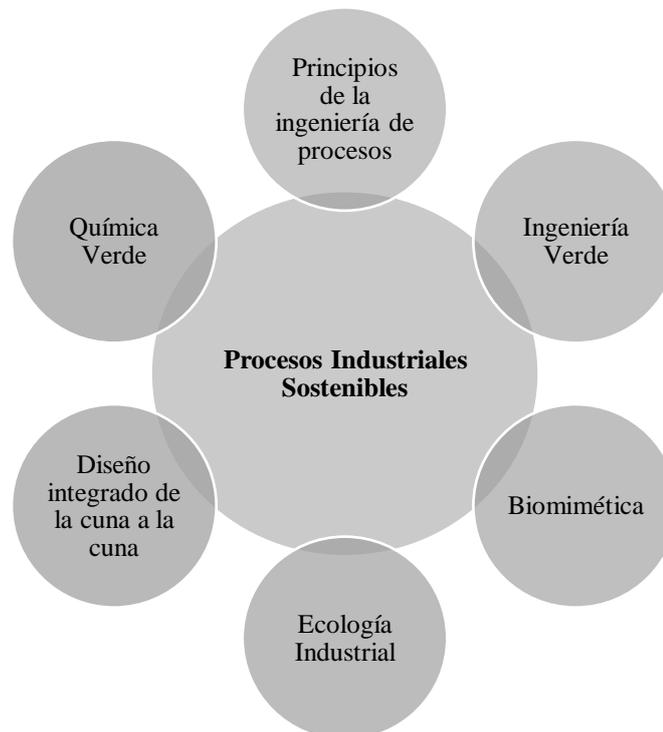
Respecto a las estadísticas, el sector manufacturero en Ecuador se muestra como el motor impulsador de crecimiento y desarrollo económico convirtiéndose en el sector más relevante del país por crear plazas de trabajos incrementando hasta un 11% de empleos en los últimos 7 años (2009-2015). Además, la industria manufacturera ecuatoriana incide considerablemente en un 24% respecto al Producto Interno Bruto (PIB) convirtiéndose de esta manera en el motor de crecimiento económico del país con base en incremento de la productividad, la innovación y el comercio, siendo comprobado mediante un test correlacional con aplicación de regresión lineal que valida el 99% de la conducta del sector industrial manufactura incide de manera positiva en la variación del PIB a través del tiempo (Torres et al., 2019).

La Superintendencia de Bancos en el informe del sector industrial del año 2022 evidenció que la economía del Ecuador registró una tasa de decrecimiento inferior al PIB total en el año 2020 que bajo estimación del Banco Central del Ecuador (BCE) para el presente año 2022 el sector crecerá en niveles ligeramente inferiores 2,4% a la tasa de crecimiento de la economía en su conjunto 2,8%. Por otro lado, los años 2016, 2017 al 2020 y 2021 son semidefinidos por el BCE por sumatoria de trimestres debido

a un comportamiento variable en su momento por eventos sísmicos y los contagios de la pandemia del Covid-19. Registrando un PIB promedio del 11,71% entre 2016 y 2020, con su máximo rango de 11,97% correspondiente al año 2020 y el más bajo por parte del año 2016 (producto del evento sísmico del mismo año). Mientras que el comportamiento por provincia mediante la banca privada demuestra que Santa Elena manipula un 0,11% del saldo de la cartera bruta del sector industrias manufactureras caso que se diferencia considerablemente de la banca pública que genera en el sector un 3,12% del saldo (Superintendencia De Bancos, 2022).

Establecer buena relación entre la industria y el medio ambiente consigue un desempeño industrial positivo, bajo este ideal Andrago-Alobuela & Arroyo-Morocho, (2022) establecen tres ejes que permiten el desarrollo empresarial ético y sostenible de industrias manufactureras en un contexto de economía emergente, destacando los tres ejes en EC, Industria 4.0 y Producción limpia y sustentable. Mientras que para disminuir la huella ambiental las industrias generan procesos industriales sostenibles (como lo indica la Figura 6) que a su vez potencien el aprovechamiento de los materiales y la energía para la producción de bienes contribuyendo de esta manera al DS (Loayza-Pérez & Silva-Meza, 2013).

Figura 6. *Procesos industriales sostenibles para empresa.*



Nota. Elaborado por autor basado en (Loayza-Pérez & Silva-Meza, 2013).

Iglesias-Piña, (2021) establece un acercamiento desde la perspectiva de la sustentabilidad mediante la infraestructura y equipamiento en las empresas estimulando la vinculación entre las entidades formando sistemas productivos sustentables de base industrial en una misma zona geográfica considerando la ecoeficiencia industrial como la herramienta sustentable capaz de reducir las emisiones de aguas residuales y de residuos sólidos industriales ya que racionaliza el uso de agua potable y cuida la calidad del aire todo esto a causa de la infraestructura y el equipamiento que disponen y que comparten las entidades agrupadas bajo el concepto de sistemas industriales.

Andrago-Alobuela & Arroyo-Morocho, (2022); Iglesias-Piña, (2021); Almeida-Guzmán & Díaz-Guevara, (2020); coinciden con las estrategias y metodologías como hojas de ruta y creación de sinergias (mediante redes de simbiosis) que las manufacturas emplean ligadas a la EC.

En Santa Elena se evidencia la ausencia de estadísticas e indicadores que consientan fortalecer y sintetizar críticamente el conocimiento existente sobre alguno de los aspectos críticos del desarrollo de un sistema industrial circular, sin embargo se detallan análisis como el de la Sociedad Internacional, (2010) que recalca la importancia del cuidado del patrimonio natural (balnearios, tierra con fines agrícola, la cultura, entre otros), mientras que el Gobierno Nacional y los Gobiernos Autónomos Descentralizados (GADs) de los cantones Salinas, La Libertad y Santa Elena firmaron el acta correspondiente al Acuerdo Nacional sobre Ciudades Sostenibles que consiste en el compromiso de los GADs para la implementación de mecanismos conjuntos de gestión integral de desechos sólidos (MAATE, 2019).

En la Tabla 4, se presentan las definiciones conceptuales constituidas por 24 nomenclaturas que aportaron el sustento teórico de las citas anteriormente empleadas como estratos investigativos determinados bajo terminología y definiciones con sus respectivas referencias bibliográficas.

1.3. Marco conceptual

Tabla 4. Definiciones conceptuales por terminología.

N°	Terminología	Definición	Referencia
1	Agente	Entidades físicas con decisiones heterogéneas, autónomas e individuales.	(Marvuglia et al., 2022)
2	Algoritmo	Secuencia de instrucciones mediante un lenguaje de programación.	(Belloso-Matin, 2019)
3	Arquetipo sistémico	Patrones estructurales recurrentes a situaciones típicas en problemas variados.	(Sifuentes-Díaz, 2022)
4	Desecho / Residuo	Se refiere a lo que ya no sirve o dejó de tener utilidad.	(Jiménez-Martínez, 2017)
5	Ecodiseño	Herramienta que integra aspectos ambientales en la elaboración de productos con base al uso y disposición de los desechos obtenidos después de su consumo.	(Recalde et al., 2020)
6	Emergente	Herramienta dirigida al análisis de prácticas discursivas complejas.	(Pineda-Quintero & Molero de Cabeza, 2016)
7	Estrategia	Herramienta de dirección que proporciona pasos y técnicas con bases científicas que contribuyen una interacción de dinamismo.	(Naranjo-Hernández et al., 2018)
8	Estratificación	Atribuir un valor a la unidad que permite reconocer su contribución al sistema.	(Duek & Inda, 2014)
9	Heterogéneo	Variabilidad de datos.	(Oliveros, 2015)
10	Logística inversa	Recuperación de material.	(Canossa-Montes de Oca, 2021)
11	Manufactura	Proceso continuo y sistemático de caracterización y exclusión del desperdicio.	(Cuggia-Jiménez et al., 2020)
12	Modelo	Representación de un objetivo mediante referentes como: entidades, objetos, procesos, sistemas, entre otros.	(Acevedo-Díaz et al., 2017)

13	Nodo	Representación del agente vinculado dentro del sistema de redes.	(Jiménez-Chaves, 2015)
14	Reducir	Énfasis del consumo sustentable de recursos y energía en fase de diseño, construcción y maniobra.	
15	Reutilizar	Reducción del uso de materiales vírgenes mediante reutilización de productos según el término posterior del ciclo de vida.	
16	Reciclar	Transformación de desechos a nuevos materiales.	
17	Recuperar	Recolección de materiales en etapa final de vida útil con proceder a nuevos usos mediante el desmonte, clasificación y limpieza.	(Asante et al., 2022)
18	Remanufacturar	Proceso de restauración de materiales a su estado de origen mediante reutilización de fragmentos sin pérdida de funciones.	
19	Rediseñar	Re fabricación de componentes mediante materiales de generaciones pasadas.	
20	Simbiosis industrial	Intercambio de materiales entre variedad de sistemas productivos donde el residuo de uno es materia prima para otro.	(Torre-Marín et al., 2009)
21	Simulación	Representación artificial del mundo real mediante lenguaje de programación.	(Alfonso-Mora et al., 2020)
22	Sistema de redes	Es el producto de la conectividad entre nodos.	(Jiménez-Chaves, 2015)
23	Sostenibilidad	Conductas y disposiciones direccionadas a la protección de los recursos naturales, socio culturales, ambientales y económicos con sentido llevadero, factible y equitativo.	(De La Rosa-Leal, 2021)
24	Sustentabilidad	Proceso que permite satisfacer necesidades económicas, sociales, culturales y medio ambientales precautelando el bienestar de generaciones futuras.	(Luna-Conejo & Luna-Nemecio, 2022)

Nota: Elaborado por autor.

1.4. Recapitulación del capítulo I

El MBA es una herramienta tecnológica avanzada que permite una visión real de la interacción heterogénea entre agentes (individuos) simulando el comportamiento emergente de los sistemas complejos que se generan entre estos, se analiza mediante conexiones entre redes adaptadas a un lenguaje de logaritmos que permite la comprensión en diferentes escenarios abarcando entradas, variables y salidas incluyendo la intervención en toma de decisiones brindando la oportunidad de experimentar variables en el tiempo.

Por la necesidad de un cambio de paradigma apremiante en consideración al deterioro que ha sufrido el planeta a causa del desarrollo industrial, surgen nuevos planteamientos de transformación mediante un nuevo modelo de producción y consumo sostenible dando apertura a un sistema industrial circular que adapta las tecnologías como fuentes de investigación que permitan un desarrollo sostenible con bases en modelados que permitan el análisis de efectividad y viabilidad en una transición entre modelos lineales tradicionales a modelos circulares.

Demostrando la importancia de aplicar un MBA para el estudio de un sistema industrial circular mediante la RSL planteada haciendo posible la trascendencia investigativa con base en las incógnitas: ¿Cómo el modelado basado en agentes permite comprobar la validez de un Sistema Industrial Circular? De igual importancia ¿Cómo es posible implementar un modelado basado en agentes con las manufacturas de Santa Elena?; bajo este contexto, se expuso la viabilidad de aplicación de un MBA en una EC posible en las manufacturas de Santa Elena al exponerse como una investigación emergente al no evidenciar estadísticas e indicadores que permitieran consolidar y sintetizar un sistema industrial circular en mencionado sector.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1. Enfoque de investigación

La metodología que se realizó en la investigación se fundamentó bajo el estado del arte (Capítulo I), donde se evidenció la posibilidad de implementar un MBA para la comprensión de un sistema complejo mediante la vista real del comportamiento emergente que se generó en las manufacturas de Santa Elena como integración a un SIC. Por ello los paradigmas, enfoques y estrategias metodológicas determinaron el desarrollo del estudio bajo la metodología cuantitativa con la finalidad del alcance de estudio (descriptivo y correlacional). Además, fue aplicada con base a mediciones numéricas que cuantificaron e informaron el suceso que facilitó el reporte de estudio.

El tipo de estudio descriptivo y correlacional establecido por Ramos-Galarza, (2020); Hernández-Sampieri et al., (2014) quienes detallan que las tipologías mencionadas buscaron medir la recolección de datos y a su vez correlacionar las dos variables detectadas en la investigación según el denominado patrón en común (validez de un Sistema Industrial Circular en Santa Elena).

En función de la idea anterior se empleó la técnica de encuesta correspondiente al tipo de muestreo probabilístico por el método estratificado realizando de esta manera una estratificación poblacional de empresas por cada cantón perteneciente a Santa Elena, para luego por medio de la estratificación por manufactura y los criterios de inclusión – exclusión y conveniencia definir la muestra con la que se desarrolló el proceso investigativo.

2.2. Diseño de investigación

Una vez descrito el tipo de estudio que se utilizó del grupo de transeccionales o transversales en el diseño de investigación se especifica que el estudio denominó un planteamiento cuantitativo bajo los tres existentes (cuantitativo, cualitativo y mixto) según Ramos-Galarza, (2020); Hernández-Sampieri et al., (2014) y recayó en la categoría no experimental debido a que estableció datos significativos, dicho de otro modo, se encentraron condiciones de estudio que se llevaron a cabo consiguiendo ahondar la investigación con intención de comprensión destacando el análisis.

Por consiguiente, en el estudio se estableció un diseño tipo retrospectivo por la comparación de sucesos estudiados con anterioridad afinando la obtención de mejoras en el proceso (Hernández-Sampieri et al., 2014).

Previamente se presentó la hipótesis: El MBA resulta aplicativo para un Sistema Industrial Circular en Santa Elena, Ecuador. Definiendo la categorización por variables según el tipo de investigación, como se presenta a continuación:

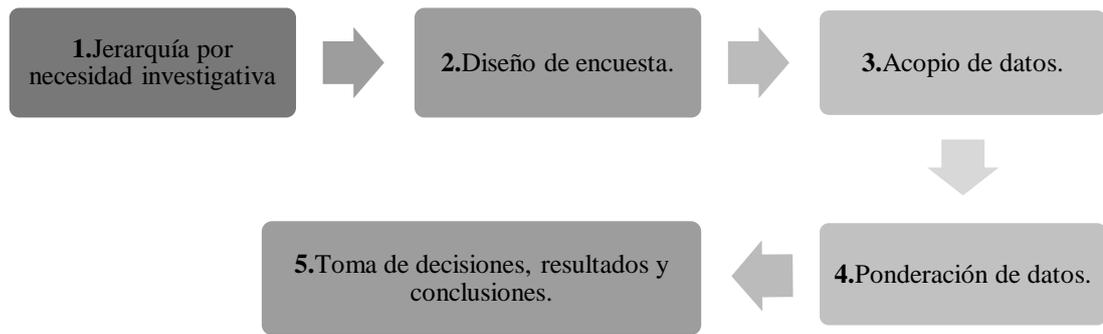
- **Investigación Descriptiva:** Examinó la incidencia de las variables independiente y dependiente (es decir, el MBA y el SIC, explicados respectivamente) refiriendo las particularidades de las actividades y los procesos que posee el alcance de estudio.
- **Investigación Correlacional:** Estableció el grado de relación de las dos variables siendo el tipo de estudio que demostró el posible cambio de modelo lineal a circular en Santa Elena, Ecuador.

2.3. Procedimiento metodológico

Se emplearon criterios del diseño de recolección de datos mencionado por Pucha-Medina et al., (2019) y sus colaboradores al incluir un diseño aplicando instrumentos (el más conveniente para la recolección de datos) para realizar un adecuado procedimiento metodológico con base en técnica de encuesta la cual fue validada por expertos bajo el método de Ábaco de Régnier constituido en fases diseñadas para aplicación en cuestiones formativas que solicitan los programas académicos evitando la generación de sesgos en un proceso dinámico de interacción (Davezies-Martínez et al., 2022; Martelo et al., 2017).

Consecutivamente en la Figura 7, se presentó un plan de evaluación elaborado por fases utilizando los datos obtenidos mediante la técnica de encuesta propuesta.

Figura 7. Plan de evaluación.



Nota: Elaborado por autor basado en (Gustabello-Cogle et al., 2022).

Fase 1) Por selección de investigador se establecieron las áreas requeridas para calificar las preguntas pertinentes referentes al tema establecido mediante jerarquía por necesidad de investigación.

Fase 2) En la elaboración de la técnica referida se empleó el método Ábaco de Régnier dividiéndose en cuatro etapas: definición del problema, agrupación de expertos, votación, discusión.

Fase 3) Se adaptó la encuesta conforme a la necesidad de investigación dirigiendo las interrogantes a jefes encargados de manufacturas legalizadas activas para posteriormente cuantificar los datos obtenidos con el software IBM SPSS Statistics 25 SPPS-25.

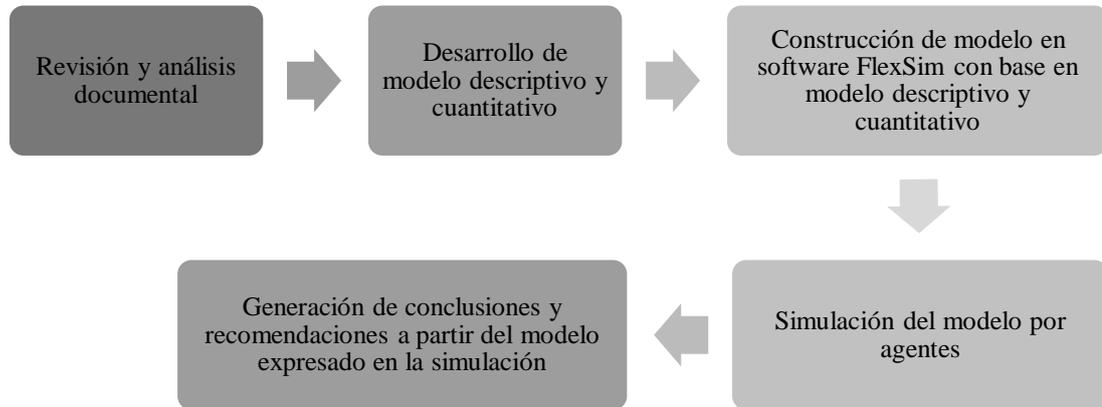
Fase 4) Empleando el software SSPS-25 se reconocieron estadísticas útiles para la investigación permitiendo la exposición necesaria en respuesta a las interrogantes planteadas mediante matriz de contingencia junto a la fiabilidad necesaria sustentada por Cronbach y demás estudios estadísticos.

Fase 5) Producto de las valoraciones obtenidas se procedió a la toma de decisiones para posteriormente por medio de los resultados obtenidos concluir con la intervención de una propuesta de mejora planteado como un nuevo objetivo en los ítems de discusión y conclusión del trabajo investigativo.

Por consiguiente, de manera general para el procedimiento metodológico se estableció un diagrama representado en la Figura 8, que permitió sintetizar el método

por eslabones correlacionados mediante pasos integrales que permitieron su ejecución (Mendoza-Cuzme et al., 2021).

Figura 8. Diagrama metodológico de la investigación.



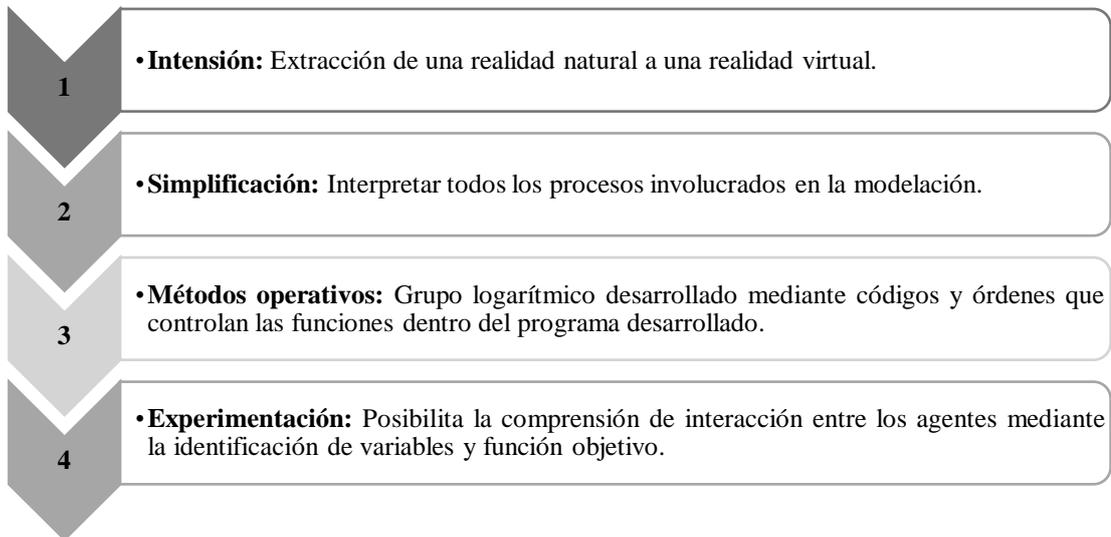
Nota: Elaborado por autor.

Entre los pasos se aplicó el software FlexSim capaz de crear una red de interacción entre varios agentes ganando entendimiento y comprensión respecto a la correlación analizada dentro del sistema en un intervalo de tiempo Díaz-Martínez et al., (2018). El lenguaje del software proporcionó a la investigación la flexibilidad en el modelado de distintos sistemas complejos y heterogéneos, además contó con una interfaz gráfica, herramientas y objetos de biblioteca que permitieron la modelación de distintos escenarios entre ellos: cadenas de suministros y logística, marketing, producción, flujos de personas, sistemas de servicios, entre otros.

Han et al., (2022) describen los elementos estudiados para poder aplicar un MBA, entre los elementos están: plantear los principios básicos, la aparición de la evolución de las empresas, análisis de adaptación de agentes, detalle de objetivos con la finalidad de adquirir un aprendizaje y a su vez simular una predicción sobre la interacción de las empresas. Se analizó también la posibilidad de la estocasticidad utilizando el proceso de creación de sinergias industriales, para finalmente presentar los colectivos o grupos de los agentes intervenidos para analizar la observación del comportamiento dinámico entre ellas.

Con base en lo expuesto por Luściński & Ivanov, (2020) en la Figura 9 se presentaron los cuatro aspectos generales que permitieron el desarrollo de un modelo con simulación en software FlexSim, el cual se describió en:

Figura 9. Aspectos generales de software FlexSim.

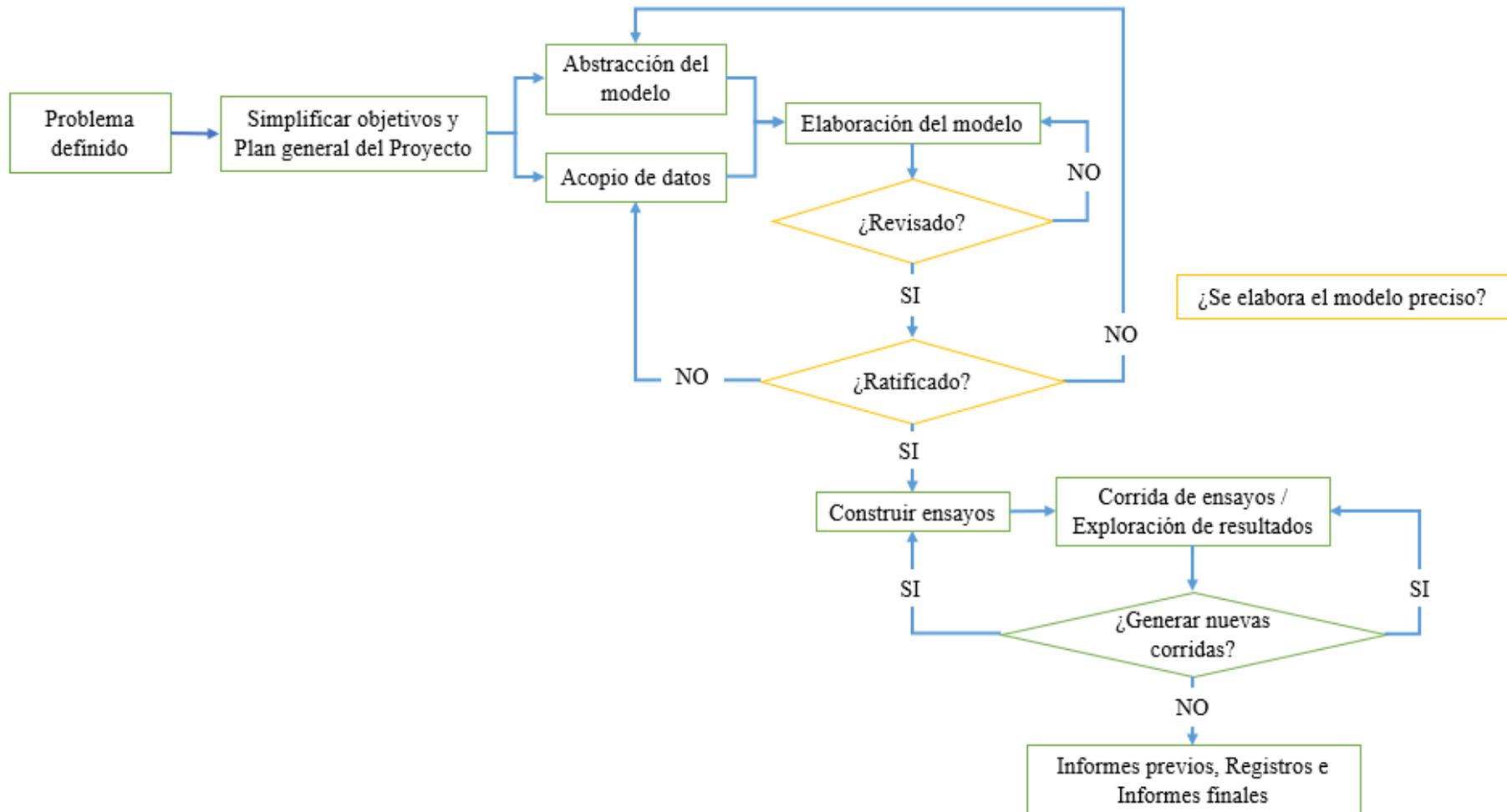


Nota: Elaborado por autor basado en (Luściński & Ivanov, 2020).

Estos aspectos diferencian a FlexSim de entre los demás softwares por tener una simulación discreta bajo una modelación informática capaz de exponer tanto al modelador y al público una valoración visual en 3D sobre la abstracción de un mundo real con transición al mundo virtual (Luściński & Ivanov, 2020).

En la Figura 10 se refirió también el MBA bajo criterios de diseño expresados por los expertos Li et al., (2020) quienes plantearon el flujograma correspondiente al modelo por simulación detallando las fases que se deben desarrollar resaltado que al declararse las condiciones de SI y NO se consigue la revisión y rectificación de todo el lenguaje logarítmico permitiendo al usuario o modelador corregir los caracteres mal digitalizados.

Figura 10. Flujoograma del MBA



Nota: Elaborado por autor basado en (Li et al., 2020).

Donde se analizaron las siguientes fases correspondientes:

Fase 1) Problema definido: hace referencia al estado actual del fenómeno analizado para mejorar el escenario. En esta fase se determinan variables, acciones, interacciones, entre otros mediante un estudio de observación natural o directa que busca obtener el mayor tipo de información posible.

Fase 2) Simplificar objetivos y Plan general del Proyecto: al simplificar objetivos se direcciona la simulación en respuesta a interrogantes existentes detectadas mediante niveles de detalles obligando al investigador a crear un plan general que permita recaudar especificaciones para obtener exactamente lo que proporciona el modelo incluyendo criterios que determinen su comportamiento.

Fase 3) Abstracción del modelo: esta fase se realiza con la finalidad de limitar los parámetros del sistema necesarios para realizar el modelado partiendo de un modelo sencillo que pueda adaptar más datos en el transcurso de su ejecución sin sobrepasar los objetivos establecidos previamente.

Fase 4) Acopio de datos: estos se direccionan por los objetivos de la investigación y se detectan por observaciones en el entorno o en sistemas ya existentes como, por ejemplo: materia prima, trabajadores, actividades, maquinarias, entre otros. A su vez limitan los indicadores estadísticos con fines de uso en la simulación.

Fase 5) Elaboración del modelo: se genera con base en determinaciones del fenómeno detectado y analizado con la finalidad de comprender la función del sistema en el modelo y proporcionar las mejoras correspondientes en caso de ser necesario.

Fase 6) Revisión: en esta fase se revisa si el modelo corresponde a los datos correctos y si posee lógica en su estructura bajo precisión de parámetros no manipulados según el sistema real.

Fase 7) Ratificación: mediante comparación del sistema real se confirma el juicio relativo en las condiciones normales del sistema analizado.

Fase 8) Construir ensayos: se generan los ensayos correspondientes productos del modelo elaborado en estipulación de simulación y tiempo en ejecución.

Fase 9) Corrida de ensayos / Exploración de resultados: se decreta el comportamiento del modelo en relación con la fase 8 obteniendo en exploración de resultados tabulaciones que proyectan estadísticas de interés.

Fase 10) Generación de nuevas corridas: esta fase existe por la inconformidad del modelado ejecutado en caso de no mostrar los resultados requeridos exigiendo al modelador la creación de una pronta restauración de modelo.

Fase 11) Informes previos, Registros e Informes finales: esta fase proporciona estabilidad en la toma de decisiones que realiza el investigador obteniendo como respaldo informes confiables que demuestren veracidad del modelo ejecutado.

2.4. Población y muestra

2.4.1. Población

Población corresponde al grupo de entidades comprendidas bajo características similares son estratos del mismo universo independientemente a la perspectiva del estudio y se define desde el planteamiento del problema (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018).

En Ecuador el Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca MIPRO, (2022) describe a las Mipymes como las generadoras de todas las actividades productivas que generen economía destacando entre ellas la agricultura, silvicultura y pesca; industrias manufactureras, construcción, entre otros. MIPRO también es el Ministerio encargado de clasificar las Mipymes por el volumen en ventas, capital social, número de trabajadores y su nivel de activos, características que permiten una clasificación en:

- **Microempresa:** Unidad productiva en la que se desenvuelven de 1 a 9 trabajadores y sus ingresos brutos anuales corresponden entre \$ 100.000,00 dólares americanos.
- **Mediana empresa:** Unidad productiva en la que se desenvuelven de 50 a 199 trabajadores y sus ingresos brutos anuales corresponden entre \$ 5'000.000,00 dólares americanos.

- **Pequeña empresa:** Unidad productiva en la que se desenvuelven de 10 a 49 trabajadores y sus ingresos brutos anuales corresponden entre \$ 100.001,00 y \$1000.000,00 de dólares americanos.

En la Tabla 5, la población que se empleó para el desarrollo de la investigación en el aspecto metodológico fueron las entidades manufactureras pertenecientes al grupo de mediana y pequeña empresa en Santa Elena, seleccionadas mediante una estratificación poblacional de empresas realizada por cantones que conforman dicho sector entre ellos: Santa Elena, La Libertad y Salinas.

Estratificación poblacional en manufacturas

Tabla 5. Estratificación poblacional

N°	Estratos de Provincia	N° de Empresas	Porcentaje
1	Santa Elena	88	54, 32%
2	La Libertad	28	17,28 %
3	Salinas	46	28, 40 %
TOTAL		162	100 %

Nota: Elaborado por autor.

El muestreo poblacional estratificado fue adecuado puesto que la población de estudio, en este caso Santa Elena se encuentra dividida en cantones (estratos) cada uno conformado por diversas empresas manufactureras, las mismas que se detectaron registradas en el sistema de Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (SCVS), (2022) y el Servicio de Rentas Internas (SRI), (2022) como ente administrador tributario.

2.4.2. Muestra

La muestra es definida como la fracción representativa de la población o universo con iguales características de interés siendo la que proporcionará los datos pertinentes a la investigación (Condori-Ojeda, 2020; Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018).

Se realizó la técnica de muestreo estratificado por ser el método que divide a la población en diversos estratos (clases o grupos) respecto a las mismas características de análisis que se plantearon en el presente estudio (C. E. Hernández & Carpio, 2019).

Muestra estratificada

Para la detección de la muestra estratificada se emplearon criterios de elegibilidad (inclusión y exclusión) al referir la característica poblacional mediante la información conceptual que describe a una manufactura (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018; Mena-Mejía et al., 2022).

Concluyendo la generación de 114 datos muestrales correspondientes a la población analizada de los estratos (manufacturas de los cantones: Santa Elena, La Libertad y Salinas) de Santa Elena, Ecuador. De manera consecuente en la Tabla 6, se muestran los porcentajes de acuerdo a la población estratificada.

Tabla 6. Estratificación muestral.

N°	Estratos de Provincia	Porcentaje	N° de Empresas
1	Santa Elena	54, 32%	62
2	La Libertad	17,28 %	20
3	Salinas	28, 40 %	32
TOTAL		100 %	114

Nota: Elaborado por autor.

En la Tabla 7, se detalló el criterio estadístico por conveniencia Muyulema-Allaica, (2018); Otzen & Manterola, (2017) que se utilizó para la determinación precisa de manufacturas debido a la falta de colaboración, ceso de funciones, operatividad y deseo de participación resultando un total de 80 empresas manufactureras pertenecientes a los cantones detallados.

Tabla 7. Estratificación muestral bajo criterio estadístico de conveniencia.

N°	Estratos de Provincia	N° de Empresas	Criterio de exclusión e inclusión	Diferencia	N° de Empresas
1	Santa Elena	62	Falta de colaboración, ceso de funciones y operatividad.	14	48
2	La Libertad	20		10	10
3	Salinas	32		10	22
TOTAL		114	-	34	80

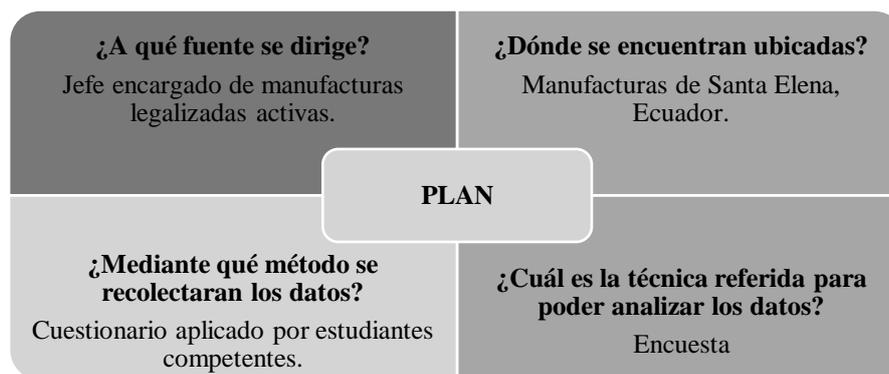
Nota: Elaborado por autor.

2.5. Métodos, técnicas e instrumentos de recolección de los datos (Adaptada a la unidad de análisis y tipo de estudio)

2.5.1. Métodos de recolección de los datos

Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018) establecen que para llevar a cabo una correcta recolección de datos se debe desarrollar un plan en el que se detallen las fases a realizarse en busca de un fin específico, en la Figura 11, se detallada el plan direccionado para la recolección de datos.

Figura 11. Plan direccionado a recolección de datos



Nota: Elaborado por autor basado en (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018).

2.5.2. Técnicas de recolección de los datos

Para la recolección y registro de información se empleó la técnica de encuesta valorada mediante la metodología Ábaco de Régnier, seleccionando una comunidad de expertos bajo criterios rigurosos de inclusión y exclusión Mena-Mejía et al., (2022); (Tod, 2019); Ochoa-Sangrador, (2019). La finalidad de esta metodología fue compartir de manera dinámica opiniones sobre mencionada técnica encaminada a la validación correspondiente. En la ejecución del proceso mencionado se realizaron las siguientes etapas:

Figura 12. Etapas de la metodología Ábaco de Régnier.



Nota: Elaborado por autor basado en (Davezies-Martínez et al., 2022); (Martelo et al., 2017).

2.5.3. Instrumentos de recolección de los datos

Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018) resaltó la importancia de utilizar instrumentos en una investigación debido a la necesidad de medir las variables del estudio con la finalidad de poder dictaminar los grupos participantes en el fenómeno estudiado.

De manera consecuente a la técnica de encuesta para la recolección de datos se empleó el instrumento de cuestionario elaborado con interrogantes direccionadas hacia la variable independiente (MBA) y variable dependiente (SIC), cuyo propósito fue el levantamiento estadístico para la elaboración de un modelado que compruebe la validez de un Sistema Industrial Circular. El mismo que se aplicó a las manufacturas de Santa Elena siendo previamente validado por expertos bajo la metodología Ábaco de Régnier como el medio en el que se basó el investigador para aplicar determinada técnica.

2.6. Variables del estudio

Es importante realizar el análisis de la o las variables en una investigación cuantitativa porque son las que permiten la medición del acopio de datos describiendo las relaciones existentes entre las variables de estudio exhibiendo los cambios con la finalidad de realizar un análisis de datos sistemático y estandarizado (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018).

Partiendo de la conceptualización de variables dentro de una investigación cuantitativa fue necesario resaltar el significado e importancia de las variables independiente y dependiente:

Variable independiente (VI): hace referencia a la **causa** (procedimiento o estímulo).

Variable dependiente (VD): se describe al **efecto** procedente de la **causa**.

De esta manera y con las conceptualizaciones mencionadas se estableció en el estudio la declaración de las variables como:

- **VI:** Modelado basado en agentes (MBA).
- **VD:** Sistema Industrial Circular (SIC).

2.6.1. Operacionalización de las variables

Este proceso se realiza explícitamente al ser considerado como el fundamento potencial del estudio obligando al investigador a crear un esquema en el que se especifiquen los pasos procesales del análisis de campo y la cuantificación de los datos obtenidos (Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018).

Tabla 8. Operacionalización de variables.

Variable Independiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
MBA	Herramienta computacional que permite la interpretación del comportamiento de sistemas complejos producto de las interacciones de agentes (individuos), además desarrolla simulaciones que representan la realidad del individuo en medios virtuales mediante entradas, variables y salidas facilitando la toma de decisiones (Fouladvand et al., 2022).	Integración empresarial	Medios / Instrumentos	¿Consideraría usted importante participar en un modelo computacional que valide un sistema de desperdicio cero?	Encuesta Cuestionario
		Desarrollo	Número de herramientas tecnológicas	¿Cree usted que la simulación es una herramienta necesaria para desarrollar nuevos sistemas de manufactura?	
		Modelo	MBA / MMA	¿Usted considera que los modelos computacionales simulan el comportamiento real de una manufactura?	
		Operación de manufacturas	Overall equipment effectiveness	¿Estima usted importante la aplicación de la tecnología para comprender la interacción entre manufacturas (agentes)?	

Variable Dependiente	Definición	Dimensiones	Indicadores	Ítems	Técnicas e Instrumentos
		Asociación empresarial	KPIs	¿Formaría parte de un conjunto de empresas que trabajen bajo una misma filosofía de sostenibilidad mediante el uso de tecnología?	
SIC	Sistema eficaz que se antepone al modelo económico lineal tradicional como el medio de transición a un modelo de economía circular de desperdicio cero con filosofía en sustentabilidad y sostenibilidad (Pietrulla & Frankenberger, 2022).	Documentación	Acuerdos / Contratos	¿Cuántos acuerdos o contratos sostiene con recolectores de materiales?	Encuesta Cuestionario
		Distribución	Lineal / Circular	¿Distribuye sus desechos hacia otras manufacturas? ¿A qué tipo de manufactura distribuye?	
		Producción	Calidad / Eficiencia	¿Cuánto es la tonelada de materia prima reciclada que adquiere a diario de otras empresas para producir sus productos?	
		Desechos	IA / ISA	En su proceso de manufactura ¿Cuánto es el porcentaje que genera respecto a la reducción de residuos? ¿Cuánto es la tonelada diaria de recuperación de residuos en empaques o fluidos?	

Nota: Elaborado por autor.

2.7. Procedimiento para la recolección de los datos

El procesamiento del acopio de los datos obtenidos como resultados de las técnicas empleadas para la recolección de datos de la población y muestra con fines de estudio deben encontrarse enmarcados bajo un análisis familiarizado con los objetivos de la investigación determinando de esta manera un plan de las correspondientes actuaciones (Pucha-Medina et al., 2019).

A continuación, en la Tabla 9, se explica a detalle la distribución del plan a ejecutarse con sus respectivas actuaciones:

Tabla 9. Plan de actuaciones para el tratamiento de datos.

N°	Plan	Actuaciones
1	Tratamiento de datos	1. Verificación de la información agrupada.
		2. Reiteración del acopio de datos por causa de inconsistencias en las respuestas.
		3. Tabulación basada en las variables con análisis estadístico como producto de los resultados obtenidos.
2	Exhibición de datos	1. Exhibición escrita de la aplicación del cuestionario en relación al Sistema Industrial Circular en manufacturas.
		2. Exhibición tabulada de la aplicación de herramientas necesarias para cuantificar los datos obtenidos.
		3. Presentaciones de ilustraciones gráficas resultantes del tratamiento de datos como mecanismos para mejor comprensión e interpretación lectora.

Nota: Elaborado por el autor basado en (Pucha-Medina et al., 2019).

La Tabla 9, anteriormente citada intentó expresar bajo qué planes de actuación para el tratamiento de datos se realizaron las acciones que necesitaba la investigación, detallando así que la distribución del plan se conformó por 2 grupos: uno correspondiente al tratamiento de datos que constó de tres actuaciones, mientras que el segundo se presentó en una exhibición de datos el cual consintió también tres actividades ejecutadas.

2.8. Plan de análisis e interpretación de resultados

Este apartado corroboró la importancia del cumplimiento de los objetivos específicos presentados en la investigación y para su mejor comprensión lectora se elaboró un plan de distinción en el que se detalló que para poder ejercer el cumplimiento del primer objetivo se realizó una RSL con base en análisis científicos con la finalidad de comprender las conceptualizaciones, herramientas, aspectos, características, entre otros, de las variables investigadas en el presente trabajo.

De manera consecutiva se desarrolló la proyección del acopio de datos mediante un plan de validación respecto a la técnica de cuestionario validado por expertos bajo la metodología del Ábaco de Régnier resultando de este proceso una propuesta metodológica, plan de validación generada en fases y la correspondiente estratificación poblacional y muestral.

Se declararon las técnicas empleadas para el acopio de datos junto al empleo de instrumento comprobado y validado previamente por expertos, también se presentaron los análisis correspondientes al levantamiento de los datos cuantificados producto del cuestionario realizado y ejecutado en el software IBM SPSS Statistics 25 demostrando viabilidad y fiabilidad con la implementación de Alfa de Cronbach.

Se mostraron los resultados de los análisis tabulados en gráficas y tablas estadísticas para mejor comprensión lectora, finalmente se dio paso a la presentación de las interfaces del MBA ejecutado bajo simulación generada por estructura de modelado en el software FlexSim.

A fin de brindar una mejor comprensión lectora la Tabla 10, expuso a detalle la conformación de un plan de análisis con interpretación de resultados conformada por los objetivos específicos, los procedimientos que acontecen a cada uno de ellos, los instrumentos utilizados para su ejecución y finalmente la obtención del producto previsible.

Tabla 10. Plan de análisis con interpretación de resultados.

N°	Objetivos específicos	Procedimientos	Instrumentos	Producto previsible
1	Objetivo 1: Desarrollar un estudio del estado del arte, mediante una revisión sistemática de la literatura, para el sustento de la simulación mediante modelado entre agentes.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Revisión literaria. 2. Distinción de conceptualizaciones destacadas del MBA y el SIC. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. RSL. 2. Triple línea de acción. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Sinergia entre variables. 2. Detección de herramientas tecnológicas aplicables al SIC.
2	Objetivo 2: Establecer un marco metodológico, por medio de estudios de modelados basado en agentes con simulaciones en software.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Planeación para la obtención de datos. 2. Planeación para la validación de encuesta. 3. Fases del desarrollo de un modelado. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Técnica metodológica validada para el acopio de datos. 2. Metodología Ábaco de Régnier. 3. Fases del MBA en bases teóricas analizadas. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Resolución de metodología. 2. Estratificación poblacional y muestral. 3. Etapas fomentadas en estructura modelar.
3	Objetivo 3: Explicar la validez de un sistema industrial circular mediante un modelado basado en agentes.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ejecución de técnica para la recolección de datos. 2. Análisis y fiabilidad de datos. 3. Ejecución del MBA. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Software SPSS-25. 2. ANOVA y FISHER. 3. Software FlexSim. 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Exposición de datos en tabulaciones. 2. Proyección de MBA para la toma de decisiones. 3. Determinación de conclusiones del estudio.

Nota: Elaborado por autor.

2.9. Recapitulación del capítulo II

La metodología aplicada en la presente investigación se estableció en el grupo no experimental bajo carácter de investigación cuantitativa en el que se establecieron los enfoques y el alcance de estudio, planes de evaluación y actuación, estructuras de modelos y la operacionalización de las variables (independiente y dependiente) destacando las dimensiones y los indicadores como influyentes a la generación de los ítems (interrogantes) considerados en la investigación mediante los conceptos establecidos por Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, (2018). Se destacaron también las técnicas de encuesta y cuestionario como los instrumentos idóneos validados bajo el uso de la metodología Ábaco de Régnier seleccionando a expertos mediante criterios de elegibilidad para posteriormente analizar los resultados contemplados bajo comprobación, fiabilidad y viabilidad fomentados con el uso de softwares como SPSS-25 y Cronbach, además se realizó una propuesta de comprensión referente a la posibilidad de aplicación de un Sistema Industrial Circular en Santa Elena, Ecuador mediante una simulación utilizando el software FlexSim.

CAPÍTULO III

MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Marco de resultados

3.1.1. Medios de evaluación

La obtención de la evaluación realizada por distintos medios se desarrolló bajo las fases detalladas a continuación:

Fase 1: Jerarquía por necesidad investigativa

La jerarquía por necesidad investigativa desarrollada con la finalidad de obtener el marco de resultado y discusión presenta por niveles el cumplimiento de las fases en la investigación mediante la Pirámide de Maslow presentada a continuación:

Figura 13. Jerarquía de evaluación.



Nota. Elaborado por autor.

Fase 2: Diseño de encuesta

Etapas de la metodología Ábaco de Régnier.

Se aplicó la metodología de validación Ábaco de Régnier por su eficacia y rápida gestión de ejecución para evaluar mediante escala cromática de colores e interacción entre expertos y estudiante. Para el cumplimiento de mencionada metodología se llevó a cabo el cumplimiento de las siguientes etapas:

Etapa 1

Se realizó una encuesta definiendo en interrogantes la problemática de investigación con aplicación en las empresas manufactureras empleando así un instrumento que validó mencionada herramienta y a su vez concretó el proceso de evaluación como lo indica el Anexo C.

Etapa 2

La agrupación de expertos se desarrolló bajo los criterios rigurosos de inclusión y exclusión determinando el cumplimiento de conocimiento, profesión, años de experiencia y el cargo. Resaltando un total de cinco profesionales capacitados para validar la encuesta entre ellos: una doctora en investigación con 25 años de experiencia, un magíster especialista en gerencia de tecnologías de la información con 18 años de experiencia y tres ingenieros especialistas en las materias de electrónica y telecomunicaciones, petróleo y seguridad industrial cada uno con más de 10 años de experiencia en el campo laboral.

De esta manera se demostró el cumplimiento óptimo que abala la elección pertinente de los expertos quienes fueron contactados por medio de redes sociales (Messenger y WhatsApp) y por cuentas de Email proporcionadas por los mismos donde se realizó la difusión correspondiente de la documentación.

Etapa 3

En la etapa de votación los expertos interactuaron con la estudiante definiendo sus opiniones respecto a las interrogantes detalladas en el documento, sin embargo, el proceso de votación por parte de la doctora con 25 años de experiencia generó dos

rondas de revisión al sugerir el cambio de posición de las preguntas, así como la mejora de otras.

Tabla 11. Rondas de revisión de encuesta.

Dimensión: Revisión de encuesta		
Expertos	Efectividad	
	Revista I	Revista II
1		✓
2	✓	
3	✓	
4	✓	
5	✓	
TOTAL	4	1

Nota: Elaborado por autor.

De manera consecuente en la Tabla 12, se presentaron los respectivos cálculos de frecuencia con el nivel de porcentaje pertinente admitiendo un análisis específico de la validación por parte de los expertos declarando la aceptación del instrumento en un 100%.

Tabla 12. Análisis de frecuencia por validación de expertos.

Análisis de frecuencia por validación de expertos				
Ronda	F	F. Acumulada	F. Relativa	%
I	4	4	0,8	80%
II	1	5	0,2	20%
TOTAL	5		1	100%

Nota: Elaborado por autor.

Posteriormente para el cumplimiento de la encuesta resaltó el acatamiento de los indicadores involucrados centrando la idea cuestionario en las siguientes condiciones:

- Medios / Instrumentos
- Número de herramientas tecnológicas

- MBA / MMA
- Overall equipment effectiveness
- KPIs
- Acuerdos / Contratos
- Lineal / Circular
- Calidad / Eficiencia
- IA / ISA

Respecto a las interrogantes detalladas en el cuestionario para el proceder en sus respuestas se estableció condicionales de carácter cerrado (Si y No) y ponderaciones establecidas en rangos porcentuales (%), por acuerdos, por distribución de desechos y en toneladas (Tn). Como se explica a continuación:

- SI ____ NO ____
- De 0 a 1 ____ De 2 a 3 ____ Más de 4 ____
- Recicladoras y Harineras ____ Harineras ____ Ninguna ____
- De 0 a 5 Tn ____ De 5 a 10 Tn ____ Más de 10 Tn ____
- De 0% a 14,99% ____ De 15% a 29,99% ____ Más del 30% ____

Etapas 4

Como discusión luego de las respectivas correcciones se concluyó que en la ronda final los cinco expertos seleccionados quedaron satisfechos detallando que la estudiante sabe lo que busca al formular las preguntas siendo capaz de producir un modelo estable y por tanto levantar estadística confiable al escoger de manera precisa la correcta metodología de evaluación.

Fase 3: Acopio de datos

La necesidad investigativa conllevó a la adaptación de encuesta ya previamente validada por expertos con dirección a los jefes encargados de las manufacturas legalizadas activas de Santa Elena, Ecuador obteniendo el acopio de datos necesario para llevar a cabo el análisis respectivo de los datos cuantificados mediante el uso del software IBM SPSS Statistics 25.

Fase 4: Ponderación de datos

Para la obtención de datos se utilizó el software IBM SPSS Statistics 25 consiguiendo un análisis estable y confiable respecto a las respuestas obtenidas por parte de las empresas manufactureras, este proceso detalló una matriz general de evaluación especificando el cálculo proporcional de los resultados en totalidad de las interrogantes establecidas en el cuestionario referente a las variables dependiente e independiente como se presenta en la Tabla 13.

Tabla 13. Matriz de evaluación general de ponderación de datos del cuestionario.

N°	Preguntas	SI	NO	De 0 a 1	De 2 a 3	Más de 4	Recicladoras y Harineras	Harineras	Ninguna	TOTAL
1	P1	64	16	-	-	-	-	-	-	80
2	P2	66	14	-	-	-	-	-	-	80
3	P3	65	15	-	-	-	-	-	-	80
4	P4	68	12	-	-	-	-	-	-	80
5	P5	70	10	-	-	-	-	-	-	80
6	P6	-	-	0	52	28	-	-	-	80
7	P7	78	2	-	-	-	-	-	-	80
	P7.1	-	-	-	-	-	29	49	2	80
8	P8	-	-	-	-	-	-	-	-	0

9	P9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
10	P10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0
TOTAL		411	69	0	52	28	29	49	2	640	

N°	Preguntas	De 0 a 5 Tn	De 5 a 10 Tn	Más de 10 Tn	De 0% a 14,99%	De 15% a 29,99%	Más del 30%	TOTAL
8	P8	54	4	22	-	-	-	80
9	P9	-	-	-	44	12	24	80
10	P10	61	2	17	-	-	-	80
TOTAL		115	6	39	44	12	24	240

Nota: Elaborado por autor.

Con la finalidad de mostrar un resultado estructurado y explícito se presenta la sumatoria total de los datos cuantificados en la Tabla 14.

Tabla 14. Sumatoria total de la matriz de evaluación general de la ponderación de datos del cuestionario.

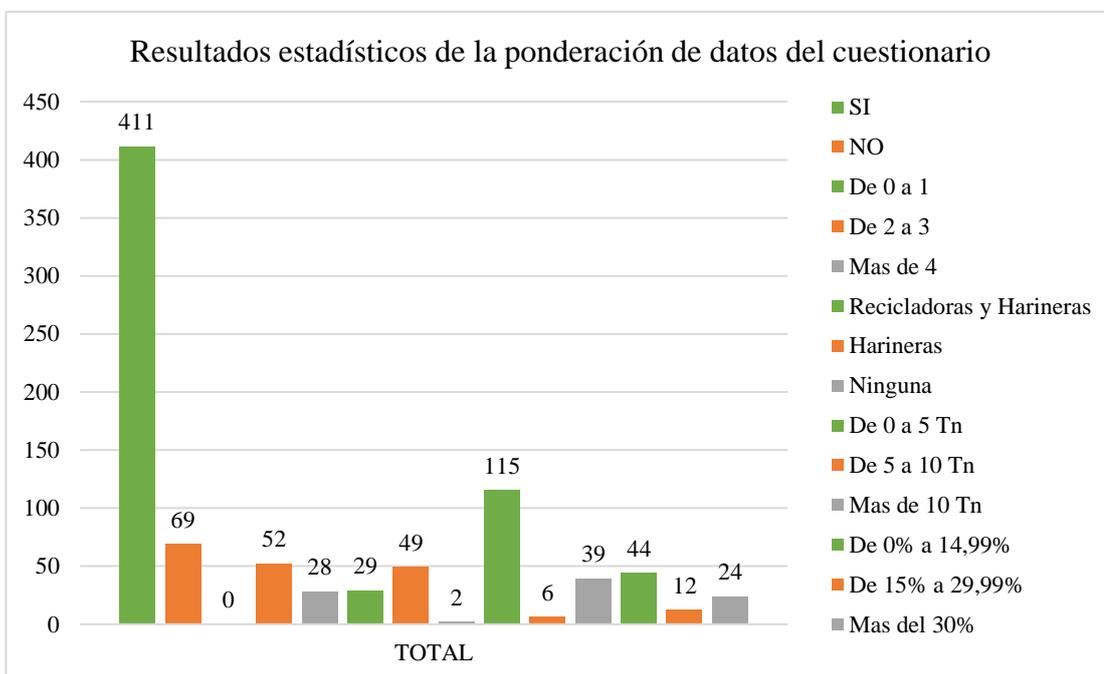
Alternativas de respuesta	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P7.1	P8	P9	P10	TOTAL
SI	64	66	65	68	70	-	78	-	-	-	-	411
NO	16	14	15	12	10	-	2	-	-	-	-	69
De 0 a 1	-	-	-	-	-	0	-	-	-	-	-	0

De 2 a 3	-	-	-	-	-	52	-	-	-	-	-	52
Más de 4	-	-	-	-	-	28	-	-	-	-	-	28
Recicladoras y Harineras	-	-	-	-	-	-	-	29	-	-	-	29
Harineras	-	-	-	-	-	-	-	49	-	-	-	49
Ninguna	-	-	-	-	-	-	-	2	-	-	-	2
De 0 a 5 Tn	-	-	-	-	-	-	-	-	54	-	61	115
De 5 a 10 Tn	-	-	-	-	-	-	-	-	4	-	2	6
Más de 10 Tn	-	-	-	-	-	-	-	-	22	-	17	39
De 0% a 14,99%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	-	44
De 15% a 29,99%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	12	-	12
Más del 30%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24	-	24
TOTAL	80	880										

Nota: Elaborado por autor.

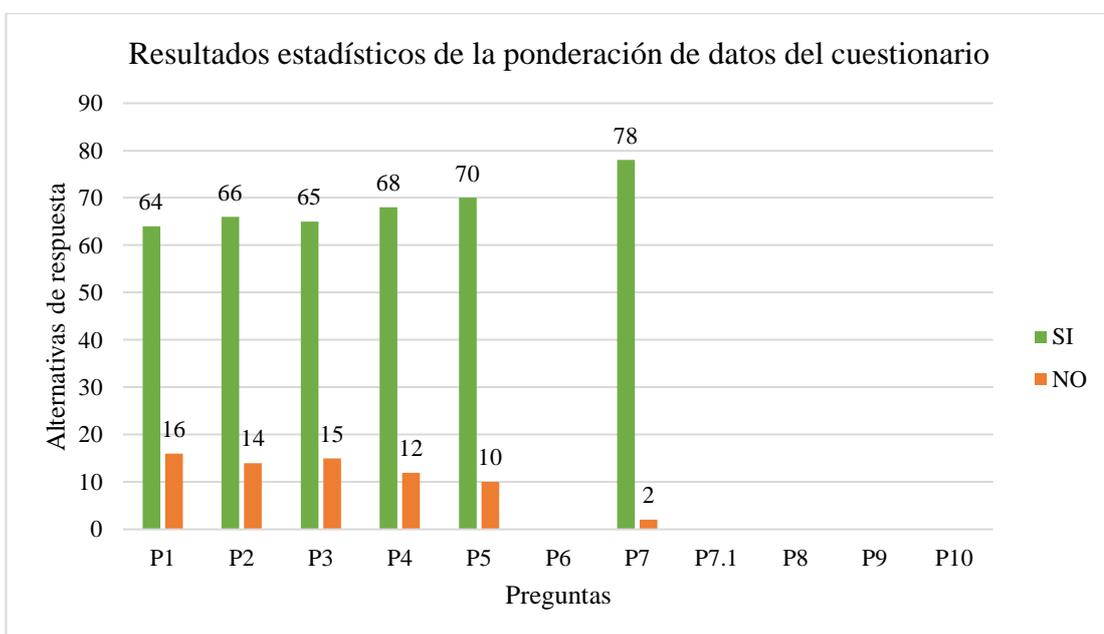
En la Figura 14 y 15, como apreciación gráfica a la valoración realizada se presenta una tabulación correspondiente a la matriz de evaluación general de la ponderación de datos obtenidos de la encuesta conveniente a la magnitud de las preguntas ejecutadas en el cuestionario.

Figura 14. Resultados estadísticos de la ponderación de datos del cuestionario.



Nota: Elaborado por autor.

Figura 15. Tabulación de las preguntas 1, 2, 3, 4, 5 y 7.

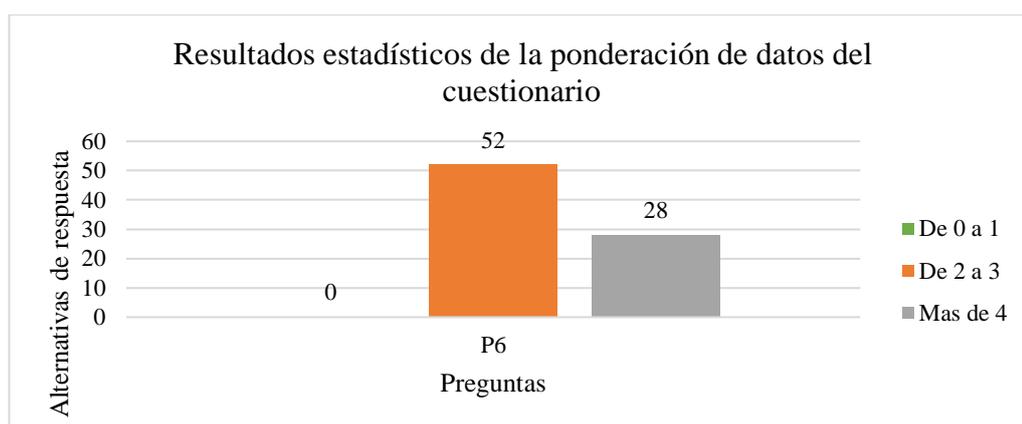


Nota: Elaborado por autor.

Procedente a la Figura 15, se realizaron las tabulaciones por separado a las preguntas 6; 7,1; 8; 9; 10 correspondientes al cuestionario ejecutado debido a la diversidad de los caracteres en las alternativas de respuesta, conllevando un análisis por separado a la tabulación general de los resultados estadísticos.

En la Figura 16, se evidencia que la mayoría de las industrias poseen de 2 a 3 acuerdos, mientras que solo 28 de las manufacturas encuestadas mantienen más de 4 contratos.

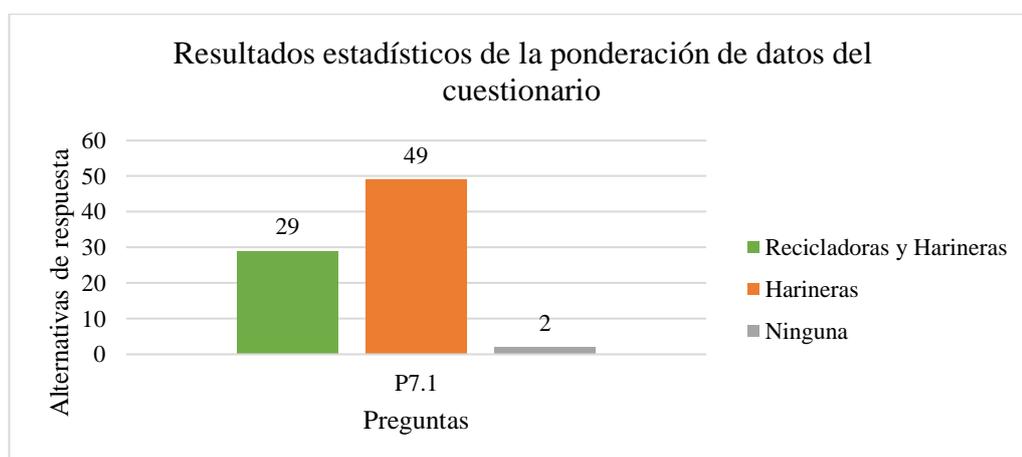
Figura 16. Tabulación de la pregunta 6.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 17, respecto a la distribución de los desechos generados en las manufacturas, la mayoría distribuye su desecho a las harineras, seguida por las recicladoras y harineras.

Figura 17. Tabulación de la pregunta 7.1.

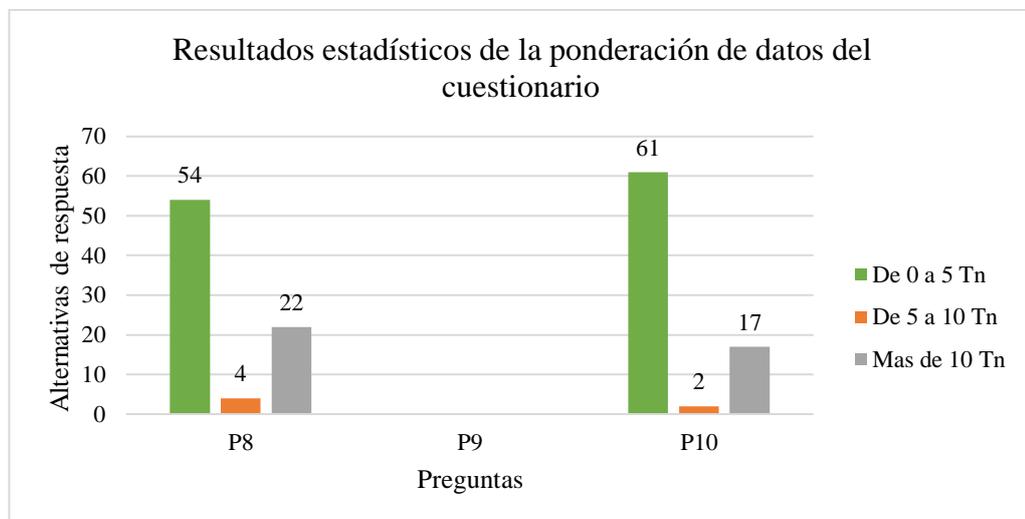


Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 18, se presentaron los resultados obtenidos de la pregunta 8 y 10 donde se evidenció que en la pregunta 8 respecto a ¿Cuánto es la tonelada de materia prima reciclada que adquiere a diario de otras empresas para producir sus productos? La mayoría de las empresas optó por la opción de 0 a 5 Tn, mientras que 22 de las empresas adquieren más de 10 Tn finalizando con una minoría de adquisición de solo 4 empresas en la opción de 5 a 10 Tn.

Mientras que la pregunta 10, evidenció que 61 empresas recuperan de 0 a 5 Tn diarias de residuos en empaques o fluidos, seguido de 17 manufacturas que recuperan más de 10 Tn concluyendo que solo 2 empresas se mantienen en el intervalo de 5 a 10 Tn.

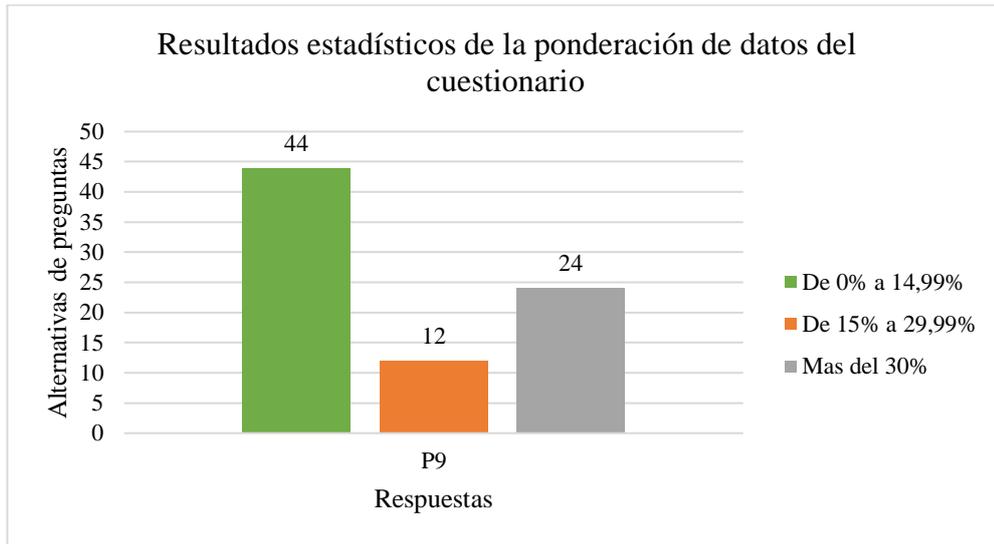
Figura 18. Tabulación de la pregunta 8 y 10.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 19, se evidenciaron los porcentajes generados respecto a la reducción de residuos propios de la manufactura donde 44 de las industrias se establecen de 0% a 14,99%, mientras que 24 de ellas se posicionaron con más del 30% finalizando la tabulación con 12 empresas que eligieron la alternativa de 15% a 29,99%.

Figura 19. Tabulación de la pregunta 9.



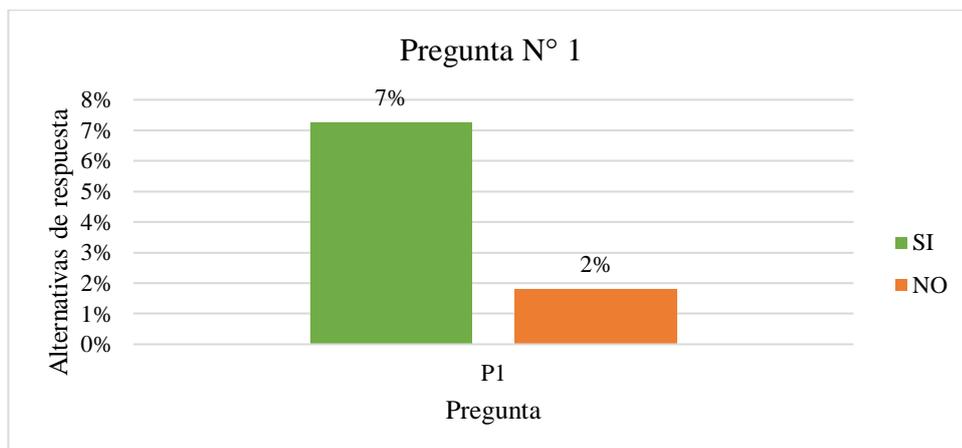
Nota: Elaborado por autor.

Posteriormente se realizó el desglose del cuestionario por pregunta con el análisis respectivo expresando mediante tabulación en porcentaje el acopio de datos como resultado de la ejecución del cuestionario para su mejor comprensión lectora.

En la Figura 20, respecto a la pregunta número 1 se reflejan resultados del 7% en su mayoría con aceptación a participar en un modelo computacional que valide un sistema de desperdicio cero, mientras que la negativa a la interrogante se constata en un 2% demostrando una considerable diferencia positiva en respuestas obtenidas por parte de los jefes de las manufacturas.

P1. ¿Consideraría usted importante participar en un modelo computacional que valide un sistema de desperdicio cero?

Figura 20. Datos tabulados de la pregunta N°1 expresados en porcentaje.

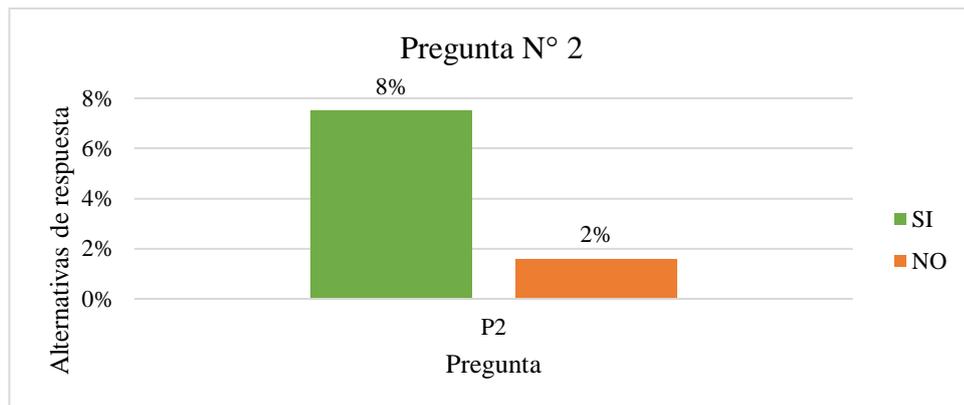


Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 21, en respuesta a la pregunta número 2 la mayoría de los jefes encargados de las manufacturas encuestadas acentuaron estar de acuerdo al responder SI conforme a creer que la simulación si es una herramienta necesaria para desarrollar nuevos sistemas de manufacturas, mientras que solo el 2% corresponde a la alternativa de respuesta NO.

P2. ¿Cree usted que la simulación es una herramienta necesaria para desarrollar nuevos sistemas de manufactura?

Figura 21. Datos tabulados de la pregunta N°2 expresados en porcentaje.

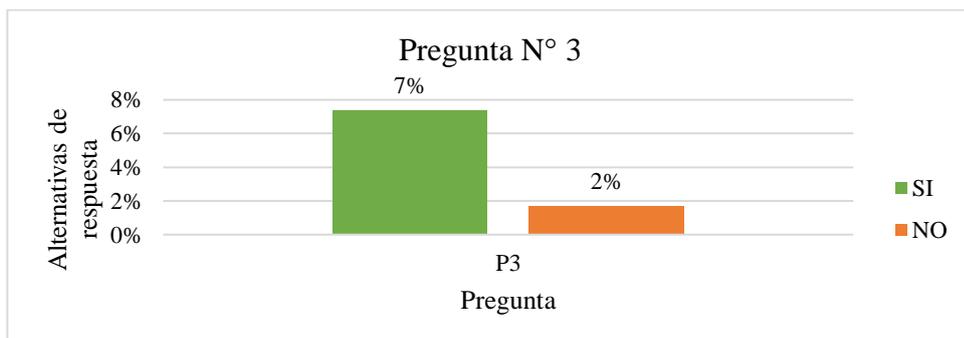


Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 22, la tabulación correspondiente a la pregunta número 3 se evidencia en un 7% que para los jefes encargados de la industria los modelos computacionales SI simulan el comportamiento real de una manufactura, mientras que el 2% obedece a la alternativa de respuesta NO.

P3. ¿Usted considera que los modelos computacionales simulan el comportamiento real de una manufactura?

Figura 22. Datos tabulados de la pregunta N°3 expresados en porcentaje.

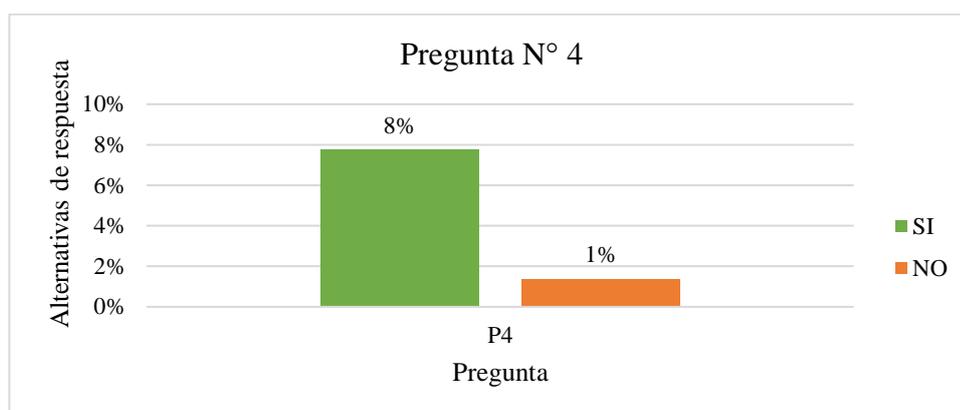


Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 23, respecto a la pregunta número 4, el 8% de respuestas en la alternativa SI estiman importante la aplicación de la tecnología para comprender la interacción entre manufacturas, mientras que de manera muy baja se muestra solo un 1% de contradicción.

P4. ¿Estima usted importante la aplicación de la tecnología para comprender la interacción entre manufacturas (agentes)?

Figura 23. Datos tabulados de la pregunta N°4 expresados en porcentaje.

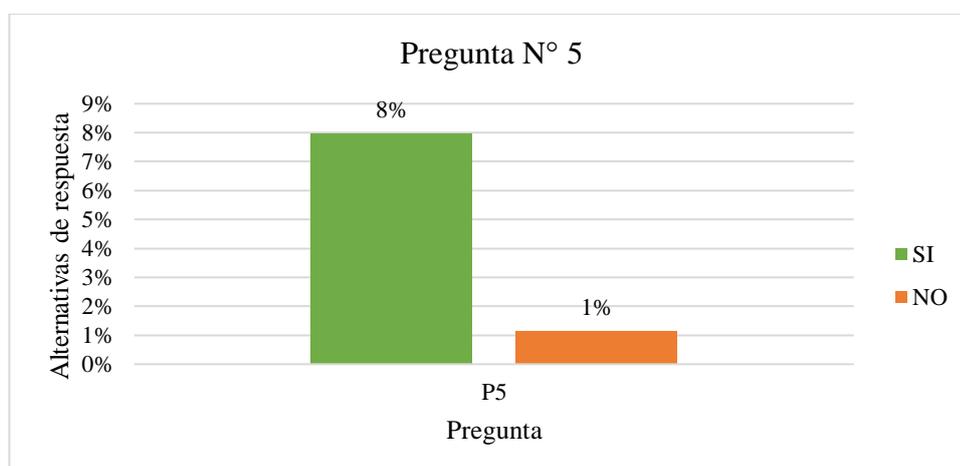


Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 24, en respuesta a la pregunta número 5 la mayoría de las manufacturas SI formarían parte de un conjunto de empresas que trabajen bajo una misma filosofía de sostenibilidad mediante el uso de tecnología.

P5 ¿Formaría parte de un conjunto de empresas que trabajen bajo una misma filosofía de sostenibilidad mediante el uso de tecnología?

Figura 24. Datos tabulados de la pregunta N°5 expresados en porcentaje.

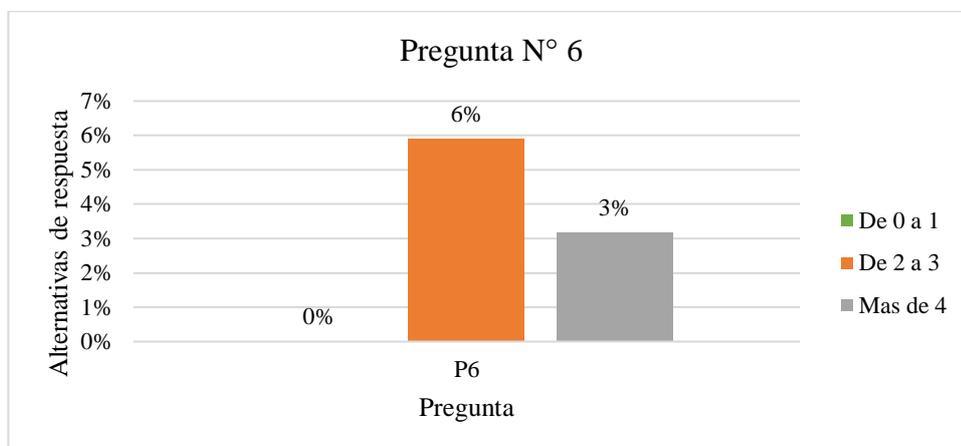


Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 25, se presenta que entre los tres rangos de las alternativas de respuesta se evidenció con un 6% que las manufacturas poseen de 2 a 3 acuerdos o contratos con recolectores y que solo el 3% de las demás poseen más de 4 acuerdos.

P6. ¿Cuántos acuerdos o contratos sostiene con recolectores de materiales?

Figura 25. Datos tabulados de la pregunta N°6 expresados en porcentaje.

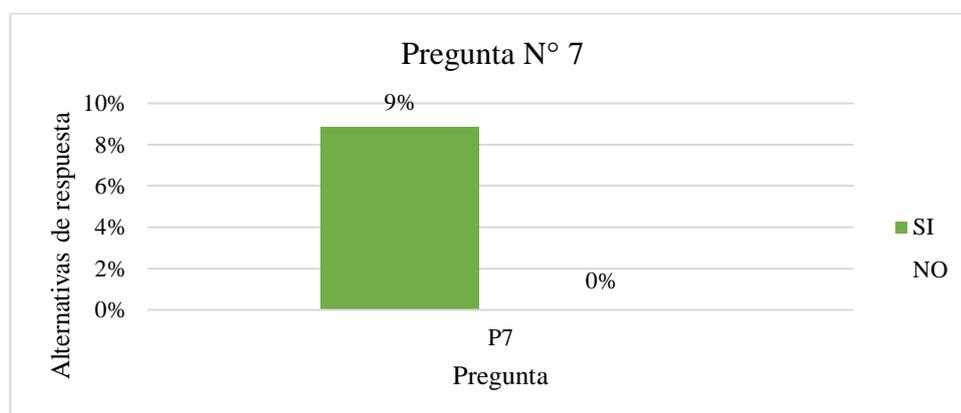


Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 26, se evidencia que las empresas SI distribuyen los desechos generados hacia otras manufacturas así lo evidenció la totalidad de los datos obtenidos.

P7. ¿Distribuye sus desechos hacia otras manufacturas?

Figura 26. Datos tabulados de la pregunta N°7 expresados en porcentaje.

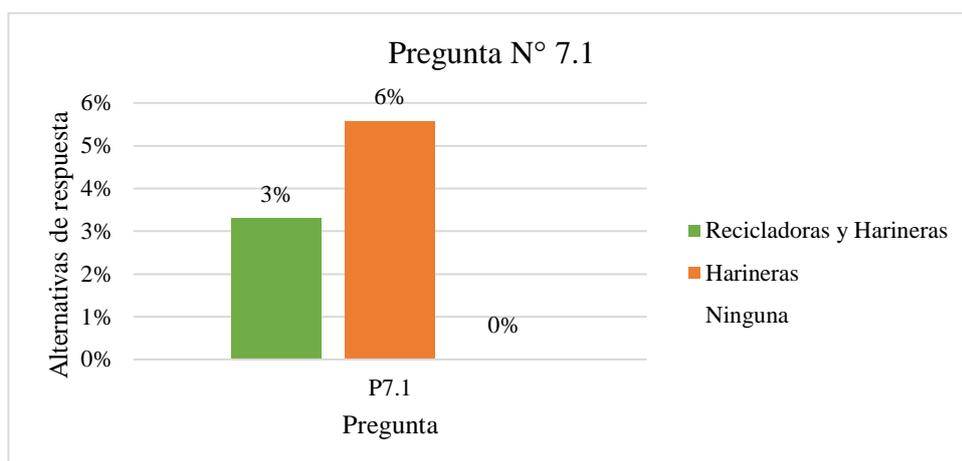


Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 27, entre las manufacturas que reciben o adquieren pedidos de otras industrias se encuentran las recicladoras y harineras con un 6%, seguida por las harineras ya sean de camarón o de pescado con un total del 3%.

P7.1 Si su respuesta es SI, especifique a qué tipo de manufactura distribuye:

Figura 27. Datos tabulados de la pregunta N°7.1 expresados en porcentaje.

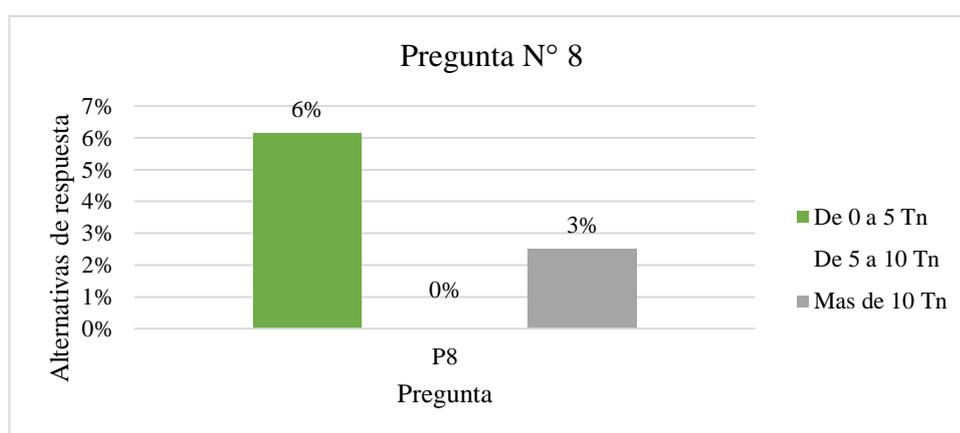


Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 28, en la tabulación correspondiente a la pregunta número 8 se evidencia en un 6% que la tonelada de materia prima reciclada que se adquiere a diario de otras empresas para producir productos propios oscila entre 0 a 5 Tn, mientras que solo el 3% de las demás empresas adquiere más de 10 Tn.

P8. ¿Cuánto es la tonelada de materia prima reciclada que adquiere a diario de otras empresas para producir sus productos?

Figura 28. Datos tabulados de la pregunta N°8 expresados en porcentaje.



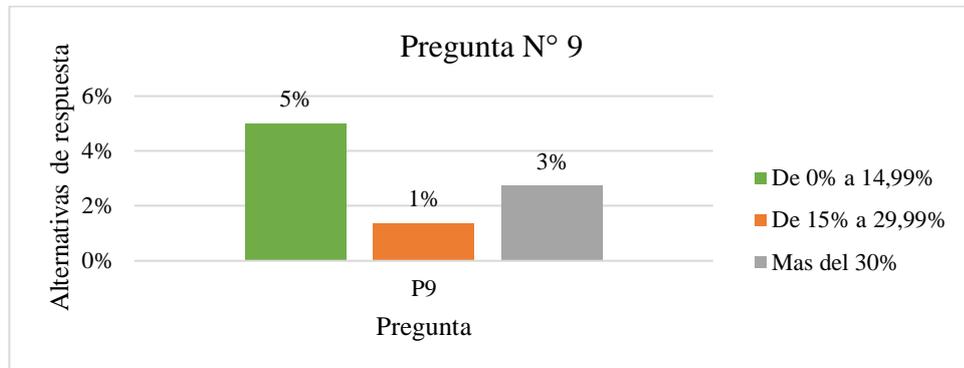
Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 29, el mayor número de empresas se encuentran representadas en un 5% las mismas que generan un porcentaje que oscila entre el 0% a 14,99% respecto a la reducción de residuos siendo este el nivel más bajo de acción contra la contaminación. Por otro lado, entre el 15% a 29,99% se establece un indicio de

transición representado en el 1% de las industrias encuestadas, para finalmente constatar que solo el 3% de las manufacturas en Santa Elena procuran la reducción de residuos en más del 30%.

P9. En su proceso de manufactura ¿Cuánto es el porcentaje que genera respecto a la reducción de residuos?

Figura 29. Datos tabulados de la pregunta N°9 expresados en porcentaje.

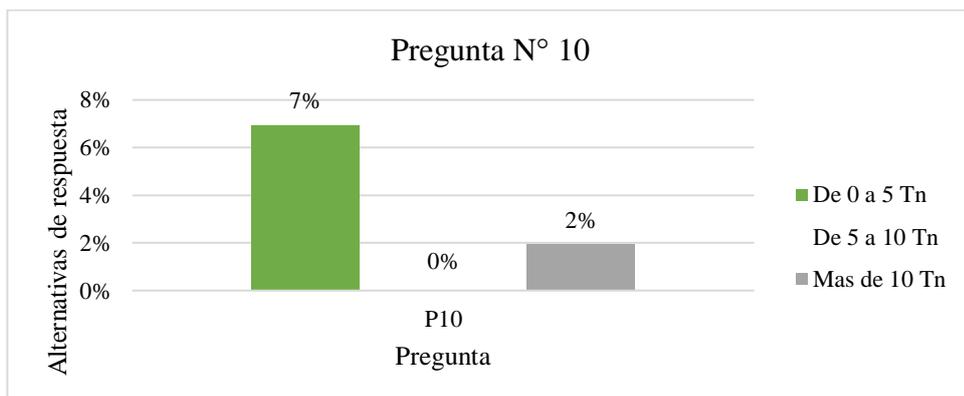


Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 30, se evidenció que el mayor porcentaje de las empresas manufactureras poseen de 0 a 5 Tn diarias en relación a la recuperación de residuos en empaques o fluidos siendo el grupo más grande con ausencias de interés por evitar la contaminación. En esta pregunta no se evidencia transición alguna entre los rangos establecidos, mientras que en la figura se puede observar que solo el 2% de las industrias recupera más de 10 Tn diarias de residuos en empaques o fluidos.

P10. ¿Cuánto es la tonelada diaria de recuperación de residuos en empaques o fluidos?

Figura 30. Datos tabulados de la pregunta N°10 expresados en porcentaje.



Nota: Elaborado por autor.

Dado a los análisis expresados la pregunta número 1 obedece con un 7 % a la filosofía de EC al desplazar la metodología lineal tradicional generando una transición capaz de forjar desperdicio cero, además de precautelar por el DS mediante una visión estratégica y sostenible en las manufacturas (Canossa-Montes de Oca, 2021); (Naciones Unidas, 2021).

La tabulación de la pregunta número 2 refleja el 8% necesario que afirma la existencia de empresas que implementan herramientas de software capaces de simular los sistemas complejos que se generan en los procesos de manufactura ofreciendo nuevos aportes para comprender el procedimiento con trayectorias evolutivas optimizadas (Han et al., 2022); (Camargo-Boyacá, 2019).

En concordancia con las preguntas número 3 y 4 se analiza un porcentaje de 7% y 8% con el que se expresa que tanto la aplicación de la tecnología como los modelos computacionales simulan el comportamiento de plantas industriales acogiendo técnicas de una visión real y a su vez evalúan los impactos que se producen al interactuar entre ellas (Han et al., 2022); (Porcelli & Martínez, 2018).

De acuerdo con los resultados de la pregunta número 5, 6, 7.1, 8, 9 y 10 Asante et al., (2022); Ahmed et al., (2022); ES MAPAMA & MIMEINCO, (2018) afirman que los principios de la EC generan una ruta de acceso hacia la sostenibilidad ofreciendo una guía óptima-amigable la cual trabaja en conjunto con los ODS enmarcando el cumplimiento del objetivo 12 que menciona: “Garantizar modalidades sostenibles de consumo y producción”, el objetivo 11 “Ciudades y Comunidades sostenibles”, el objetivo 9: “Industria, Innovación e Infraestructura”, el objetivo 8: “Trabajo decente y Crecimiento económico”. Sin olvidar la importancia de involucrar en los metabolismos de la producción: el consumo, eliminación de desechos mediante reciclaje, reducción, reutilización, entre otros con la finalidad de alcanzar lo que se denomina logística inversa.

Finalmente en la tabulación de la pregunta número 7 el 9% se enmarca positivamente en la importancia de la creación de vínculos con beneficios mutuos mediante interacciones simbióticas aprovechando las dinámicas entre las empresas consintiendo las leyes de la naturaleza con el fin de aminorar la absorción de materias primas y disminuir la producción total de desechos (Almeida-Guzmán & Díaz-Guevara, 2020); (Raimbault et al., 2020).

En la Tabla 15, la cuantificación porcentual evidencia el déficit porcentual en las preguntas dando inicio a la mejora en la toma de decisiones.

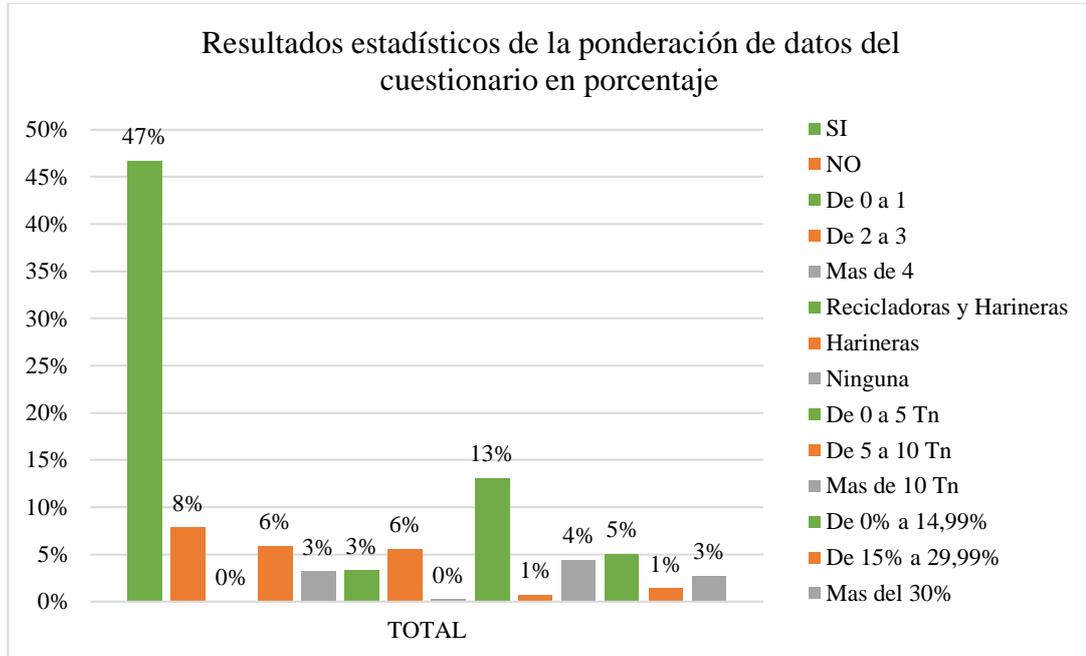
Tabla 15. Matriz de evaluación general de ponderación de datos del cuestionario en porcentaje.

Alternativas de Respuesta	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P7.1	P8	P9	P10	TOTAL
SI	7%	8%	7%	8%	8%	-	9%	-	-	-	-	47%
NO	2%	2%	2%	1%	1%	-	0%	-	-	-	-	8%
De 0 a 1	-	-	-	-	-	0%	-	-	-	-	-	0%
De 2 a 3	-	-	-	-	-	6%	-	-	-	-	-	6%
Más de 4	-	-	-	-	-	3%	-	-	-	-	-	3%
Recicladoras y Harineras	-	-	-	-	-	-	-	3%	-	-	-	3%
Harineras	-	-	-	-	-	-	-	6%	-	-	-	6%
Ninguna	-	-	-	-	-	-	-	0%	-	-	-	0%
De 0 a 5 Tn	-	-	-	-	-	-	-	-	6%	-	7%	13%
De 5 a 10 Tn	-	-	-	-	-	-	-	-	0%	-	0%	1%
Más de 10 Tn	-	-	-	-	-	-	-	-	3%	-	2%	4%
De 0% a 14,99%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5%	-	5%
De 15% a 29,99%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1%	-	1%
Más del 30%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3%	-	3%
TOTAL	9%	100%										

Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 31, se presentan los totales porcentuales del acopio de datos de las alternativas de respuesta.

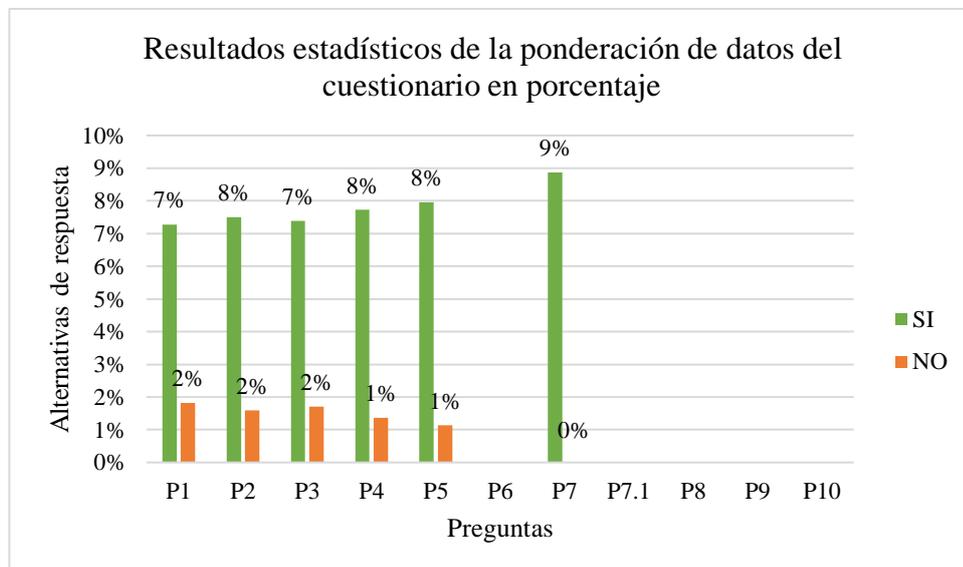
Figura 31. Resultados estadísticos de la ponderación de datos del cuestionario en porcentaje.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 32, se evidencia en la gráfica general de las alternativas de respuesta SI y NO que el mayor rango de contestación se encuentra en la opción SI con un 47% comprobando una gran aceptación en las preguntas 1, 2, 3, 4, 5 y 7.

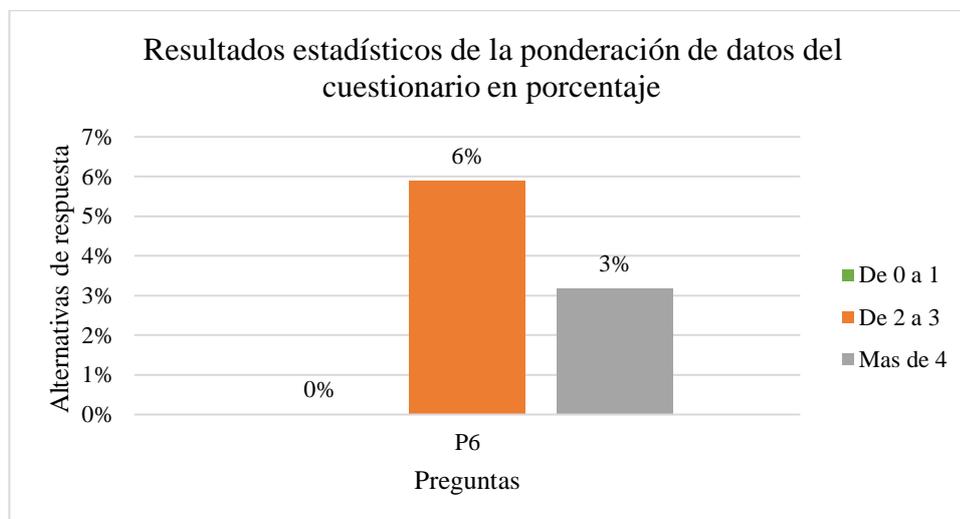
Figura 32. Tabulación de la pregunta 1, 2, 3, 4, 5 y 7.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 33, respecto a la pregunta 6 la gráfica general de las alternativas de respuesta indica que el mayor porcentaje recae en la opción De 2 a 3 acuerdos o contratos con un porcentaje de 6% mientras que solo el 3% de las empresas mantiene más de 4 acuerdos.

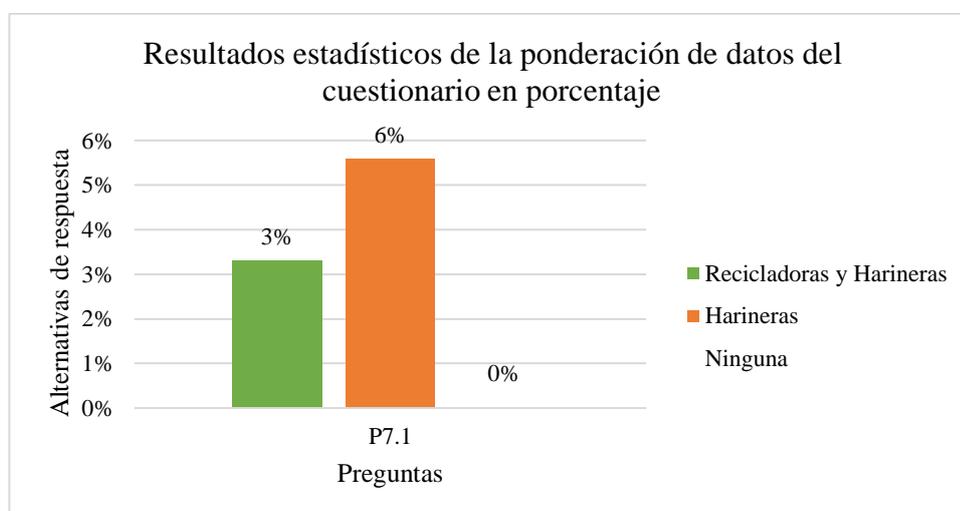
Figura 33. Tabulación de la pregunta 6.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 34, se evidencia en la gráfica general de las alternativas de respuesta que en la pregunta 7.1 el mayor rango de contestación se encuentra en la opción de Harineras con un 6% a diferencia de las Recicladoras y Harineras que presentan solo un 3%.

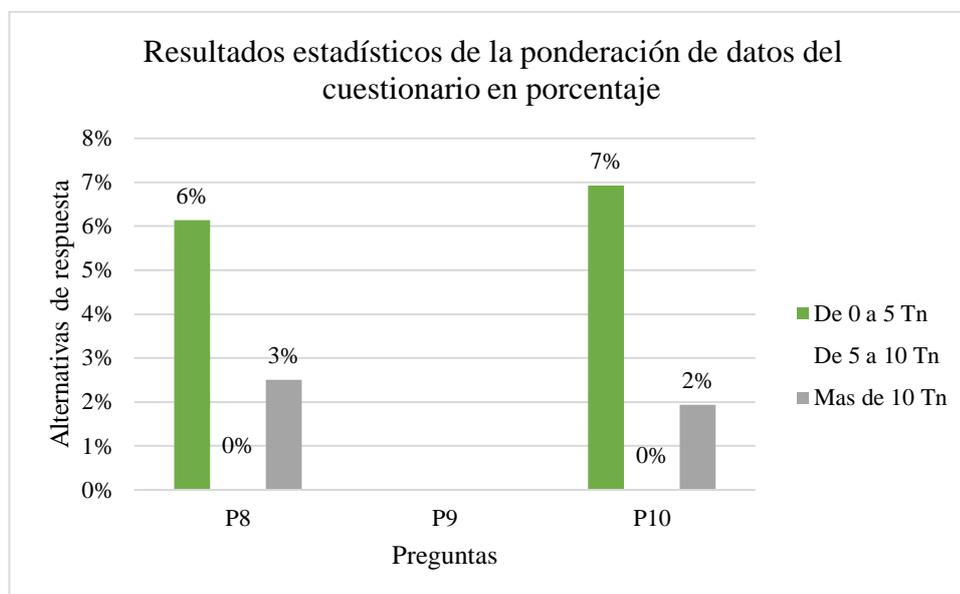
Figura 34. Tabulación de la pregunta 7.1.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 35, respecto a la pregunta 8 y 10 la gráfica general de las alternativas de respuesta indica que el mayor porcentaje recae en la opción De 0 a 5 Tn con un porcentaje total de 13%.

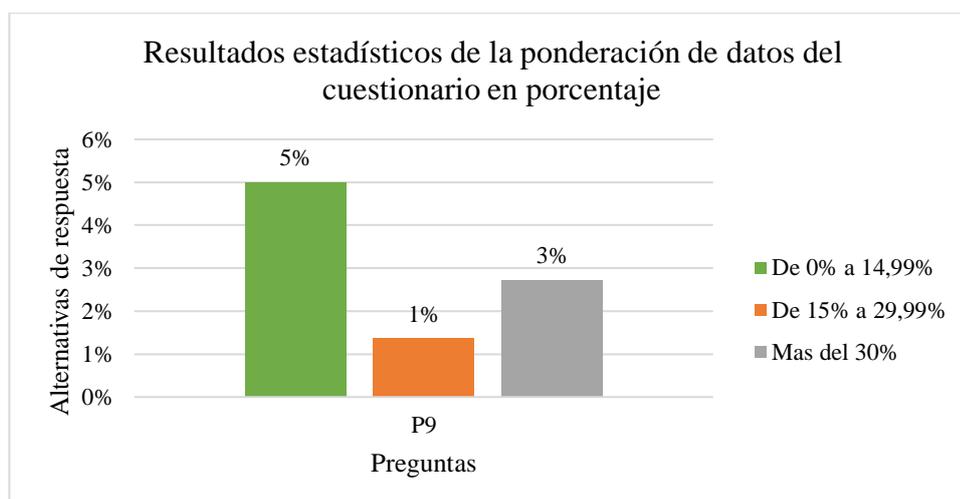
Figura 35. Tabulación de la pregunta 8 y 10.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 36, se evidencia en la gráfica general de las alternativas de respuesta que en la pregunta 9 el mayor rango de contestación se encuentra en la opción De 0% a 14,99 % con un 5% a diferencia de la opción Más del 30% que presentan solo un 3%.

Figura 36. Tabulación de la pregunta 9.



Nota: Elaborado por autor.

Fase 5: Toma de decisiones, resultados y conclusiones.

En consecuencia, los datos analizados reflejaron que, aunque la tecnología apodera a las empresas en sus procedimientos ellas buscan constantes innovaciones computacionales en el que se interprete la realidad de las industrias aceptando en un 47% a la simulación, los modelos computacionales como herramientas necesarias que comprenden la interacción entre manufacturas bajo una filosofía de sostenibilidad que valide un sistema de desperdicio cero.

Mientras que, al mencionar al Sistema Industrial Circular mediante acuerdos o contratos con recolectores de materiales, distribución de desechos, materia prima reciclada, reducción y recuperación de residuos se evidencia el déficit porcentual en los rangos de alternativas de respuesta, tal como se indica a continuación:

- Acuerdos o contratos: Más de 4 con un 3%.
- Distribución de desechos: Recicladoras y Harineras con un 3%.
- Materia prima reciclada: De 5 a 10 Tn con un 1%.
- Reducción y recuperación de residuos: De 15% a 29,99% con un 1%.

En función de los hallazgos detectados de la evaluación se evidencia que, aunque gran mayoría de las empresas mantienen acuerdos o contratos, distribuyen sus desechos, reciclan y recuperan residuos dentro de las alternativas máximas de respuesta son pocas las empresas que intervienen en este modelo, dando lugar a la existencia del déficit evidente de participación respecto a las alternativas circulares mencionadas demostrando ligera incertidumbre respecto a los cambios que propone el SIC.

Esto conlleva a la necesidad apremiante de una propuesta que explique la validez de un SIC mediante un MBA en el que se proyecte una simulación que permita observar los comportamientos de las manufacturas con intereses circulares para luego proceder a la toma de decisiones.

3.1.2. Análisis de fiabilidad Alfa de Cronbach

Para demostrar que la investigación contiene datos verídicos se efectuó un análisis de fiabilidad mediante el instrumento Alfa de Cronbach el cual examina los

datos según el grado que se pretenda medir, además esta herramienta posee un coeficiente (k) que demuestra fiabilidad con un rango entre 0 y 1 determinando que si el número se aproxima a 1 existe mayor fiabilidad de datos caso contrario al acercarse a 0 se considera un análisis mínimo por lo tanto el dato es inconsistente (H. A. Hernández & Pascual-Barrera, 2018).

A causa de la fiabilidad Alfa de Cronbach nace el estudio de Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres (2018) estableciendo los criterios del coeficiente (k) que se explican a continuación:

- Coeficiente $0,8 < k < 0,9$ es eficiente
- Coeficiente $0,5 < k < 0,8$ es estable
- Coeficiente $k < 0,5$ es deficiente

Con base a los criterios del coeficiente expuesto se valoró la fiabilidad del instrumento de evaluación es decir el cuestionario de un Modelado basado en agentes para comprobar la validez de un Sistema Industrial Circular en Santa Elena, Ecuador.

La obtención de fiabilidad Alfa de Cronbach se generó en los cálculos resueltos con la aplicación del software IBM SPSS Statistics 25 logrando un coeficiente excelente con los datos examinados detallando un valor de 0,922 y 0,923 comprobando que el acopio de datos se ejecutó de manera eficiente reflejando ser aceptables.

Con referencia a los cálculos resueltos por IBM SPSS Statistics 25 se examinaron un total de 80 datos demostrando en su totalidad el 100% de información analizada.

Tabla 16. Valoración de procesamiento de casos.

Resumen de procesamiento de casos		
	N	%
Casos	Válido	80
	Excluido^a	0
TOTAL		80

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procesamiento.

Nota: Elaborado por autor.

Se realizó también dos procesamientos de casos debido a que las preguntas poseen caracteres diferentes en las alternativas de respuesta, en las Tablas 17 y 18, se describen los cálculos de fiabilidad.

Procesamiento de casos I

Tabla 17. Valoración Alfa de Cronbach caso I.

Estadística de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
0,922	6

Nota: Elaborado por autor.

Se analizó un total de 6 elementos por ser las interrogantes que poseen los caracteres de SI y NO en las alternativas de respuesta.

Procesamiento de casos II

Tabla 18. Valoración Alfa de Cronbach caso II.

Estadística de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
0,923	5

Nota: Elaborado por autor.

En el análisis expuesto se examinaron 5 elementos en total por ser las interrogantes que poseen los caracteres de rangos tanto en contratos o acuerdos, recicladoras-harineras, ninguna, Tn y en porcentajes.

Resumiendo lo planteado se estableció que el análisis realizado por la obtención del acopio de datos producto del cuestionario ejecutado en las manufacturas y la respectiva examinación por el software amerita una intervención apremiante respecto al Sistema Industrial Circular en Santa Elena, Ecuador. Por lo consiguiente es necesario establecer una planificación de hipótesis y una propuesta de mejora.

3.1.3. Verificación de la hipótesis o fundamentación de las preguntas de investigación

Para Asante et al., (2022); Ahmed et al., (2022); Almeida-Guzmán & Díaz-Guevara, (2020); Raimbault et al., (2020) la creación de vínculos entre agentes con obtención de beneficios mutuos genera accesos a rutas de EC, sin embargo al recaer los análisis y tabulaciones en la ausencia de concientización circular por parte de las manufacturas en los incisos 6, 8, 9 y 10 se resuelve establecer una hipótesis bajo análisis de varianza.

Para la justificación de hipótesis se recurrió al análisis de varianza ANOVA descrito como la prueba paramétrica que consiente la observación de varianza de media que se relacionan en dos variables (VD y VI) con la finalidad de determinar la existencia de discrepancias significativas entre los grupos a analizar (Noboa-Benavides et al., 2022); (Alfaro-Ureña et al., 2023).

Partiendo de la Hipótesis actual establecida, estadísticamente se plantea la Hipótesis nula (H_0) como el valor referido a positivo en el rango de operaciones mientras que la Hipótesis alternativa (H_a) hace referencia a la diversidad entre lo investigado y lo considerado, esto quiere decir que el valor generado entre esta diferencia debe arraigarse a la condición: si el valor calculado no cumple con el rango establecido la H_0 es rechazada y se considera la H_a (Alassaf & Mustafa-Qamar, 2022).

Dentro del análisis de varianza ANOVA se especifica la importancia del coeficiente F por ser el indicador que determina la correlación entre variables a condición de los resultados obtenidos por el análisis determinando de esta manera el valor de F (característica significativa) como el medio intercesor para la correcta toma de decisiones (Aguilar-Jacal et al., 2022); (Grünauer & Vincze, 2015).

En la presente investigación se analizó la variable independiente (MBA) con el fin de dar respuesta a la hipótesis actual con su debida comprobación.

3.1.3.1. Definición de hipótesis

Hipótesis nula (Ho):

El MBA no resulta aplicativo para un Sistema Industrial Circular en Santa Elena, Ecuador.

Hipótesis alternativa (Ha):

El MBA resulta aplicativo para un Sistema Industrial Circular en Santa Elena, Ecuador.

3.1.3.2. Comprobación de hipótesis mediante análisis de varianza ANOVA

Se realizó la comprobación de la hipótesis mediante el análisis de varianza ANOVA empleando el diseño de experimento con los datos cuantificados procedentes de las alternativas de respuesta.

Condición de decisión

- Se considera la Hipótesis nula (Ho) cuando el número de Fisher calculado (Fc) es igual o menor a Fisher tabulado (Ft).

$$Ho = Fc \leq Ft$$

- Se considera la Hipótesis alternativa (Ha) cuando el número de Fisher calculado (Fc) es igual o mayor a Fisher tabulado (Ft).

$$Ha = Fc \geq Ft$$

Resaltando la condición de decisión bajo los escenarios de ANOVA se presentan los siguientes parámetros:

- k: Números de grupos
- n_i : Lado de muestra del grupo i
- n: Lado de la muestra general, incluye ($\sum n_i$, i=1 a k)
- \bar{x}_i : Promedio del grupo i.
- \bar{x} : Promedio general ($\sum x_{i,j} / n$, i=1 a k, j=1 a n_i)
- S_j : Desviación estándar del grupo i

Parámetros que establecen las respectivas fórmulas bajo el escenario de ANOVA como lo expone la Tabla 19.

Tabla 19. Bloques bajo escenarios de ANOVA.

Fuente	Grados de Libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	Estadística F
Grupos				
(Entre grupos)	$k - 1$	$SSG = \sum_{i=1}^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2$	$MSG = \frac{SSG}{k - 1}$	$F = \frac{MSG}{MSE}$
Error				
(Dentro de grupos)	$k - 1$	$SSE = \sum_{i=1}^k (n_i - 1) s_i^2$	$MSE = \frac{SSE}{n - k}$	
TOTAL	$k - 1$	$SS(total) = SSG + SSE$	$\sigma = \frac{SS(total)}{n - 1}$	

Nota: Elaborado por autor.

Cálculos de resultados obtenidos

1) Promedios de alternativas de respuestas

$$\text{Prom. SI} = \frac{64 + 66 + 65 + 68 + 70 + 0 + 78 + 0 + 0 + 0 + 0}{11} = 37,364 \quad (\text{Ec. 1})$$

$$\text{Prom. NO} = \frac{16 + 14 + 15 + 12 + 10 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0 + 0}{11} = 6,273$$

$$\text{Prom. De 0 a 1} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0}{11} = 0,000$$

$$\text{Prom. De 2 a 3} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 52 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0}{11} = 4,727$$

$$\text{Prom. Más de 4} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 28 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0}{11} = 2,545$$

$$\text{Prom. Recicladoras y Harineras} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 29 + 0 + 0 + 0}{11} = 2,636$$

$$\text{Prom. Harineras} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 49 + 0 + 0 + 0}{11} = 4,455$$

$$\text{Prom. Ninguna} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2 + 0 + 0 + 0}{11} = 0,182$$

$$\text{Prom. De 0 a 5 Tn} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 54 + 0 + 0}{11} = 4,909$$

$$\text{Prom. De 5 a 10 Tn} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 4 + 0 + 0}{11} = 0,364$$

$$\text{Prom. Más de 10 Tn} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 22 + 0 + 0}{11} = 2,000$$

$$\text{Prom. De 0% a 14,99%} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 44 + 0}{11} = 4,000$$

$$\text{Prom. De 15% a 29,99%} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 12 + 0}{11} = 1,091$$

$$\text{Prom. Más del 30%} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 24 + 0}{11} = 2,182$$

$$\text{Prom. De 0 a 5 Tn} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 61}{11} = 5,545$$

$$\text{Prom. De 5 a 10 Tn} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 2}{11} = 0,182$$

$$\text{Prom. Más de 10 Tn} = \frac{0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 17}{11} = 1,545$$

$$\text{Prom. General} = \frac{37,364 + 6,273 + 0,00 + 4,727 + 2,545 + 2,636 + 4,455 + 0,182 + 4,909 + 0,364 + 2,000 + 4,000 + 1,091 + 2,182 + 5,545 + 0,182 + 1,545}{17} \quad (\text{Ec. 2})$$

$$\text{Prom. General} = 4,706$$

2) Suma de cuadrados (resta de medias y el cuadrado de resta)

$$\text{Prom. SI} = (37,364 - 4,706)^2 = 1066,529 \quad (\text{Ec. 3})$$

$$\text{Prom. NO} = (6,273 - 4,706)^2 = 2,455$$

$$\text{Prom. De 0 a 1} = (0,000 - 4,706)^2 = 22,145$$

$$\text{Prom. De 2 a 3} = (4,727 - 4,706)^2 = 0,000$$

$$\text{Prom. Más de 4} = (2,545 - 4,706)^2 = 4,667$$

$$\text{Prom. Recicladoras y Harineras} = (2,636 - 4,706)^2 = 4,283$$

$$\text{Prom. Harineras} = (4,455 - 4,706)^2 = 0,063$$

$$\text{Prom. Ninguna} = (0,182 - 4,706)^2 = 20,467$$

$$\text{Prom. De 0 a 5 Tn} = (4,909 - 4,706)^2 = 0,041$$

$$\text{Prom. De 5 a 10 Tn} = (0,364 - 4,706)^2 = 18,855$$

$$\text{Prom. Más de 10 Tn} = (2,000 - 4,706)^2 = 7,322$$

$$\text{Prom. De 0\% a 14,99\%} = (4,000 - 4,706)^2 = 0,498$$

$$\text{Prom. De 15\% a 29,99\%} = (1,091 - 4,706)^2 = 13,068$$

$$\text{Prom. Más del 30\%} = (2,182 - 4,706)^2 = 6,371$$

$$\text{Prom. De 0 a 5 Tn} = (5,545 - 4,706)^2 = 0,705$$

$$\text{Prom. De 5 a 10 Tn} = (0,182 - 4,706)^2 = 20,467$$

$$\text{Prom. Más de 10 Tn} = (1,545 - 4,706)^2 = 9,988$$

3) Suma de cuadrados por grupo

$$\text{SS SI} = 1066,529 * 11 = 11731,818 \quad (\text{Ec. 4})$$

$$\text{SS NO} = 2,455 * 11 = 27,005$$

$$\text{SS De 0 a 1} = 22,145 * 11 = 243,599$$

$$\text{SS De 2 a 3} = 0,000 * 11 = 0,005$$

$$\text{SS Más de 4} = 4,667 * 11 = 51,342$$

$$\text{SS Recicladoras y Harineras} = 4,283 * 11 = 47,112$$

$$\begin{aligned}
\text{SS Harineras} &= 0,063 * 11 = 0,695 \\
\text{SS Ninguna} &= 20,467 * 11 = 225,139 \\
\text{SS De 0 a 5 Tn} &= 0,041 * 11 = 0,454 \\
\text{SS De 5 a 10 Tn} &= 18,855 * 11 = 207,406 \\
\text{SS Más de 10 Tn} &= 7,322 * 11 = 80,540 \\
\text{SS De 0\% a 14,99\%} &= 0,498 * 11 = 5,481 \\
\text{SS De 15\% a 29,99\%} &= 13,068 * 11 = 143,748 \\
\text{SS Más del 30\%} &= 6,371 * 11 = 70,080 \\
\text{SS De 0 a 5 Tn} &= 0,705 * 11 = 7,754 \\
\text{SS De 5 a 10 Tn} &= 20,467 * 11 = 225,139 \\
\text{SS Más de 10 Tn} &= 9,988 * 11 = 109,871
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{SS General} &= 11731,818 + 27,005 + 243,599 + 0,005 + 51,342 \\
&+ 47,112 + 0,695 + 225,139 + 0,454 \\
&+ 207,406 + 80,540 + 5,481 + 143,748 \\
&+ 70,080 + 7,754 + 225,139 + 109,871 \\
\text{SS General} &= \text{SSG} = 13177,187
\end{aligned} \tag{Ec. 5}$$

4) Cálculo de varianza

$$\begin{aligned}
\sigma \text{ SI} &= 1175,3223 * 11 = 12928,5455 \\
\sigma \text{ NO} &= 44,7438 * 11 = 492,1818 \\
\sigma \text{ De 0 a 1} &= 0,0000 * 11 = 0,0000 \\
\sigma \text{ De 2 a 3} &= 223,4711 * 11 = 2458,1818 \\
\sigma \text{ Más de 4} &= 464,7934 * 11 = 712,7273 \\
\sigma \text{ Recicladoras y Harineras} &= 69,5041 * 11 = 764,5455 \\
\sigma \text{ Harineras} &= 198,4298 * 11 = 2182,7273 \\
\sigma \text{ Ninguna} &= 0,3306 * 11 = 3,6364 \\
\sigma \text{ De 0 a 5 Tn} &= 240,9917 * 11 = 2650,9091 \\
\sigma \text{ De 5 a 10 Tn} &= 1,3223 * 11 = 14,5455
\end{aligned} \tag{Ec. 6}$$

$$\sigma \text{ Más de 10 Tn} = 40,0000 * 11 = 440,0000$$

$$\sigma \text{ De 0\% a 14,99\%} = 160,0000 * 11 = 1760,0000$$

$$\sigma \text{ De 15\% a 29,99\%} = 11,9008 * 11 = 130,9091$$

$$\sigma \text{ Más del 30\%} = 47,6033 * 11 = 523,6364$$

$$\sigma \text{ De 0 a 5 Tn} = 307,5207 * 11 = 3382,7273$$

$$\sigma \text{ De 5 a 10 Tn} = 0,3306 * 11 = 3,6364$$

$$\sigma \text{ Más de 10 Tn} = 23,8843 * 11 = 262,7273$$

$$\begin{aligned} \Sigma\sigma &= 12928,5455 + 492,1818 + 0,0000 + 2458,1818 + 712,7273 \\ &+ 764,5455 + 2182,7273 + 3,6364 + 2650,9091 \\ &+ 14,5455 + 440,0000 + 1760,0000 + 130,9091 \\ &+ 523,6364 + 3382,7273 + 3,6364 + 262,7273 \end{aligned} \quad (\text{Ec. 7})$$

$$\Sigma\sigma = \text{SSE} = 28711,6364$$

5) Cálculo de cuadrado medio

$$\text{MSG} = \frac{\text{SSG}}{\mathbf{k} - \mathbf{1}} \quad (\text{Ec. 8})$$

$$\text{MSG} = \frac{13177,187}{17 - 1}$$

$$\text{MSG} = 823,5742$$

$$\text{MSE} = \frac{\text{SSE}}{\mathbf{n} - \mathbf{k}} \quad (\text{Ec. 9})$$

$$\text{MSE} = \frac{28711,6364}{187 - 17}$$

$$\text{MSE} = 168,8920$$

$$\sigma = \frac{\text{SS}(\text{total})}{\mathbf{n} - \mathbf{1}} \quad (\text{Ec. 10})$$

$$\sigma = \frac{41888,8235}{187 - 1}$$

$$\sigma = 225,2087$$

6) Estadística de F calculado

$$F = \frac{MSG}{MSE} \quad (\text{Ec. 11})$$

$$F = \frac{823,5742}{168,8920}$$

$$F = 4,8763$$

Presentando como resultado final la Tabla 20, detallando el valor de Fisher calculado con base en el análisis ANOVA.

Tabla 20. Fisher calculado mediante análisis ANOVA.

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrado medio	Estadística Fc.	F α 0,95
Grupo	13177,187	16	823,5742	4,8763	1,70
Error	28711,6364	170	168,8920		
Total	41888,823	186			

Nota: Elaborado por autor.

Debido a la ausencia de $F\alpha$ que se presentó en la Tabla de Fisher (Anexo I) referente a los grados de libertad se realizó el cálculo de interpolación lineal por ser el método más simple para el hallazgo de un valor intermedio mediante la conexión entre dos o más puntos con bases conocidas, es decir (X_0, Y_0) y (X_1, X_2) (Seminario-Vasquez, 2012; UNIANDES, 2005).

$$Y = Y_0 + \left[\frac{Y_1 - Y_0}{X_1 - X_0} \right] (X - X_0) \quad (\text{Ec. 12})$$

$$Cp = Cp_0 + \left[\frac{Cp_1 - Cp_0}{T_1 - T_0} \right] (T - T_0) \quad (\text{Ec. 13})$$

100 \rightarrow 1,746

170 \rightarrow X

200 \rightarrow 1,694

$$Cp = 1,746 + \left[\frac{1,694 - 1,746}{200 - 100} \right] (170 - 100) \quad (\text{Ec. 12, 13})$$

$$Cp = 1,746 + \left[\frac{-0,052}{100} \right] (70)$$

$$Cp = 1,746 + [-0,00052](70)$$

$$Cp = 1,746 + (-0,0364)$$

$$Cp = 1,70$$

Cabe resaltar que los grados de libertad se establecen bajo el estadístico de F en el grupo y el error ya cuantificado, es entonces que se puede declarar que:

- Si el $F_c = 4,8763 < F$ de la tabla de distribución $F_t = 1,70$; se considera la H_0 excluyendo la H_a .
- Si el $F_c = 4,8763 > F$ de la tabla de distribución $F_t = 1,70$; se excluye la H_0 considerando la H_a .

De esta manera, se evidencia que el valor F_c es mayor al F de la tabla de distribución de Fisher, por esta razón se rechaza la H_0 y se acepta la H_a , la misma que indica que: *“El MBA resulta aplicativo para un Sistema Industrial Circular en Santa Elena, Ecuador”*.

3.2. Propuesta de mejora

3.2.1 Tema

PROPUESTA DE MODELADO BASADO EN AGENTES PARA LA SIMULACIÓN DE LA REVOLUCIÓN DEL SISTEMA INDUSTRIAL CIRCULAR EN MANUFACTURAS DE SANTA ELENA, ECUADOR.

3.2.2. Introducción

El desarrollo de las industrias ha generado impactos ambientales mediante su crecimiento afectando seriamente el sector secundario y sus conexiones logísticas de comercialización, estableciendo una correlación por causa instintiva entre industrialización, crecimiento de riqueza y desarrollo de Estados (Beltrami et al., 2021).

Puentes-Cociña, (2018) resalta la incompatibilidad existente entre el modelo de economía lineal tradicional con el amparo del medio ambiente y el carácter finito de los recursos por ser la extracción, producción, consumo y desecho los factores de una era de recursos que solían ser ilimitados y de cómoda obtención.

Puesto que como causa al impacto generado por la industrialización emerge un medio transitorio y de recuperación, el SIC, mejor conocido como el modelo de EC al situarse en la teoría de sistemas como la adaptación de un método circular para todas las ciencias, incluyendo la económica (Almeida-Guzmán & Díaz-Guevara, 2020).

Siendo la EC el planteamiento innovador de transición del modelo lineal al modelo circular con fines en reducción de contaminación y residuos generando un desperdicio cero se establecen tres principios: 1) La eliminación de residuos y contaminación, 2) La sostenibilidad de productos y materiales en uso, y 3) La regeneración de sistemas naturales (Hernandez-Marquina et al., 2021); (Naciones Unidas, 2021); (Porcelli & Martínez, 2018).

Vega-Guerrero et al., (2021) aseguran que la manufactura formaría parte de la circularidad si perpetuara la reutilización de recursos en forma de materiales y energía por sutileza en diseños de sistemas sociotécnicos y en información verídica que encare retos de escasez de recursos, la generación de desechos y la contaminación gestionando el ciclo de vida del producto manufacturado en su totalidad.

Se puede inferir que la relación existente entre la EC y la manufactura se evidencia en los principios de metabolización de la naturaleza, señalando que cada elemento posee una función y un objetivo específico que posibilita el desarrollo de procesos productivos donde el desperdicio generado se convierte en materia prima para otros (sistema en cascada) creando beneficios sostenibles en la esfera socio-económica (Vega-Guerrero et al., 2021).

Para la comprensión de un sistema en cascada existen avances tecnológicos que permiten la explotación de comportamientos e interacciones entre industrias desbloqueando ideologías centradas en el análisis de maquinarias, procesos, fabricación, entre otros. Por ello, para la evaluación e identificación de oportunidades circulares se recurre a la digitalización como el medio de mejora en rendimiento industrial (Fu-Siang et al., 2022).

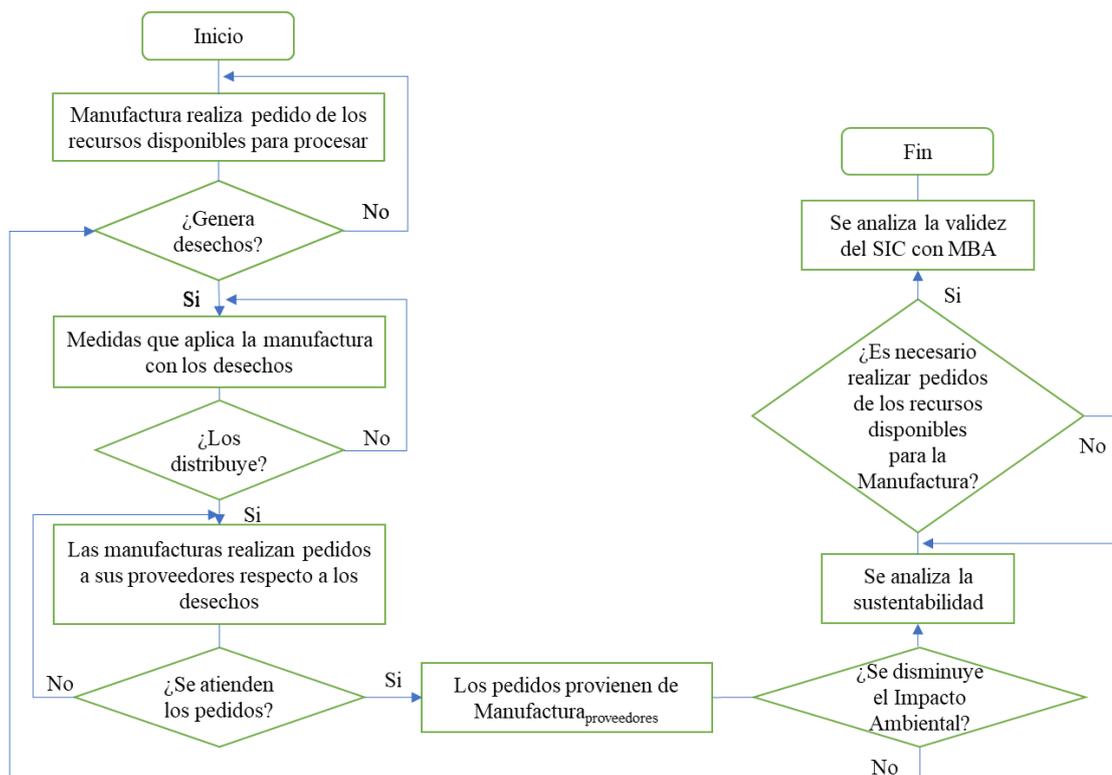
Dentro de los avances tecnológicos se menciona el software AnyLogic y FlexSim por ser tecnologías capaces de analizar un SAC mediante un MBA que proporciona una realidad virtual integrando individuos (agentes) con respuestas dinámicas simulando un abstracto de un mundo real a una visión virtual (Bozdogan et al., 2022; Han et al., 2022; Syahputri et al., 2021; Luściński & Ivanov, 2020; Díaz-Martínez et al., 2018).

En concordancia se refiere a la simulación en las manufacturas como la herramienta intercesora de análisis en la toma de decisiones acertadas para los cambios propuestos en el proceso de producción (Vargas-Sánchez et al., 2019).

3.2.3. Metodología

La metodología en la simulación computacional se realizó bajo la teoría conceptual, analítica y la observación. Se utilizó el software FlexSim con gratuidad para estudiantes por la capacidad de abstracción de la realidad presentada en una simulación en 3D con base en una modelación informática discreta, siguiendo la estructura del flujograma del MBA presentado en la Figura 37.

Figura 37. Flujograma del estudio de simulación de la propuesta.



Nota: Elaborado por autor basado en (Li et al., 2020).

3.2.4. Descripción del modelado basado en agentes

3.2.4.1. Intensión

El modelo SIC se elaboró con fines explorativos en trayectorias de distribución de subproductos o desechos en circunstancias de validación circular, modelando y simulando el comportamiento de las decisiones tomadas respecto a la trayectoria del desecho generado por parte de las manufacturas en Santa Elena, Ecuador.

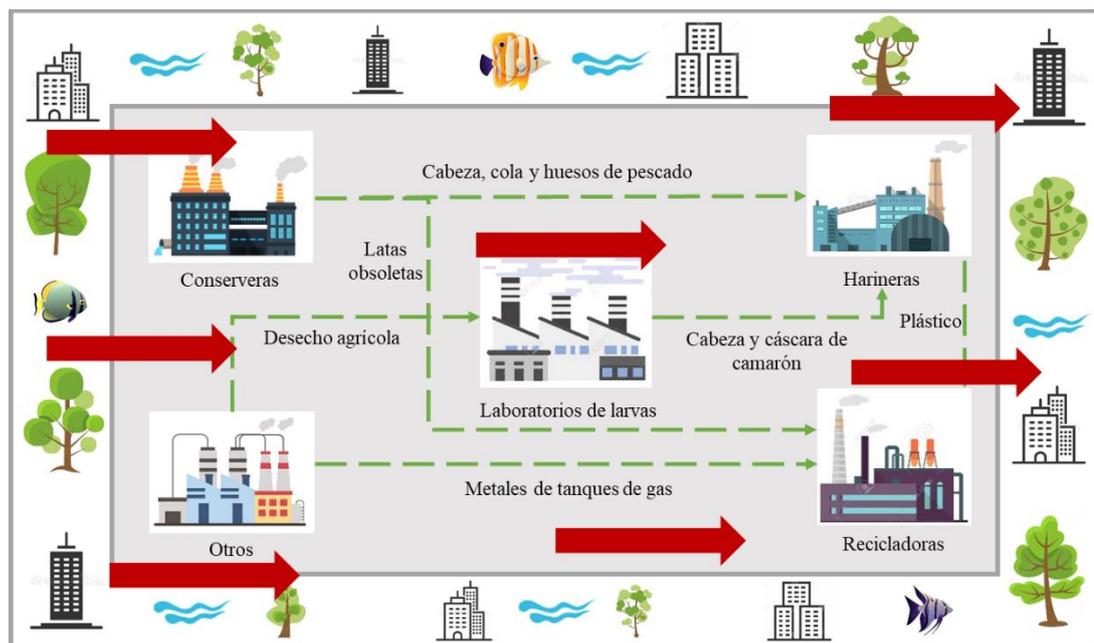
3.2.4.2. Simplificación

3.2.4.2.1. Modelo Conceptual

La implementación del modelo conceptual se realizó debido a que esta herramienta permitió exponer el ecosistema natural con todos los factores influyentes para la simulación futura, destacando que este modelo condiciona el MBA lo que determinó necesario la ejecución de técnica analítica.

En la Figura 38, se presenta el modelo conceptual proyectado a las condiciones reales del ecosistema natural.

Figura 38. Modelo Conceptual



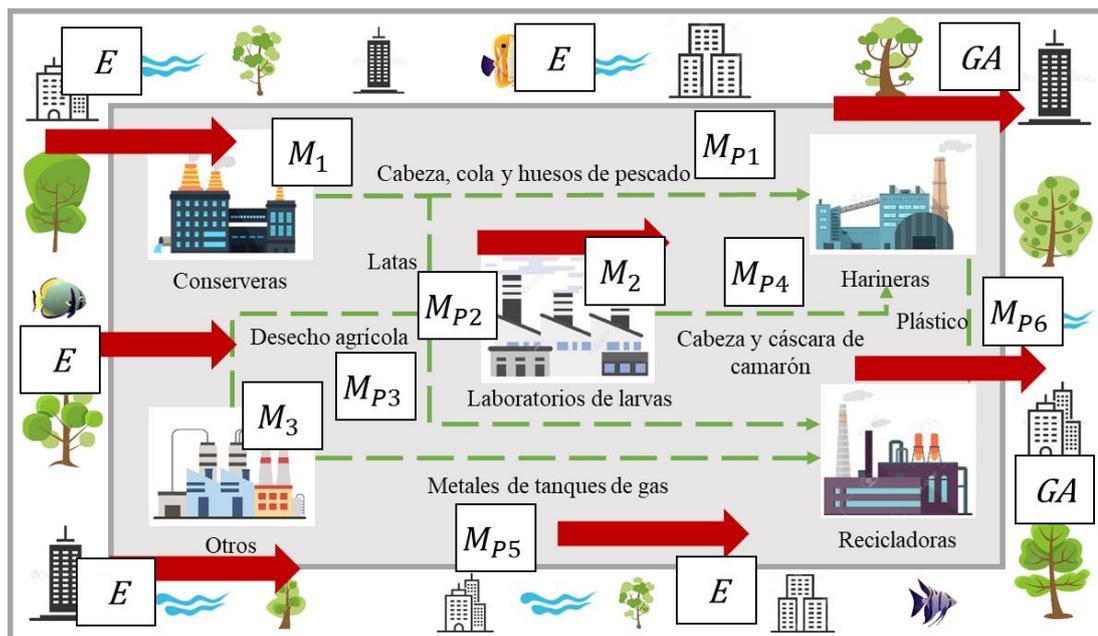
Nota: Elaborado por autor.

3.2.4.2.2. Modelo Analítico

La necesidad de crear un modelo analítico se evidenció por la causa de influencia que posee sobre el modelo conceptual pasando a su reemplazo para soportar el entorno de simulación en un lenguaje detectado por el simulador (FlexSim) que se utilizó.

En la Figura 39, se presenta el modelo analítico proyectado a las expresiones analíticas que permitan modelar cada eslabón correspondiente al modelo conceptual.

Figura 39. Modelo Analítico.



Nota: Elaborado por autor.

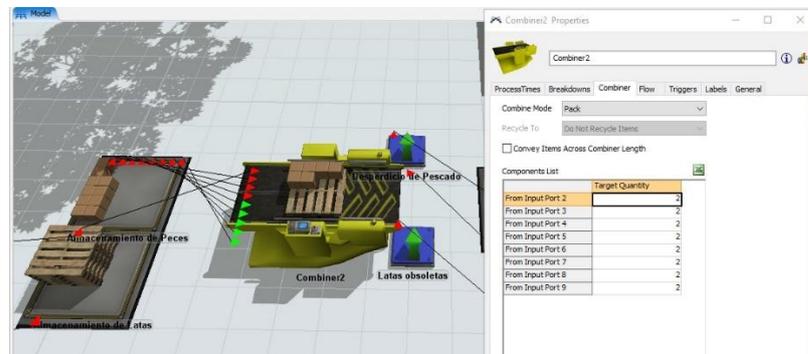
Donde las variables dictaminadas en el modelo analítico corresponden a la siguiente información:

- **E:** Ecosistema
- **M:** Manufactura
- **P:** Pedidos
- **M_P:** Manufactura_{proveedor}
- **GA:** Generación de Acuerdos / Contratos

Mientras que en la Tabla 21, se presentan los agentes que conformaron el sistema analizado por el modelo analítico anteriormente expuesto.

En la Figura 41, se constata el ingreso de la codificación referente a los procesos de lotes obtenidos mediante el ecosistema hacia los puertos de entrada para el inicio y respectivo despacho de residuos procedentes a la producción por agente M.

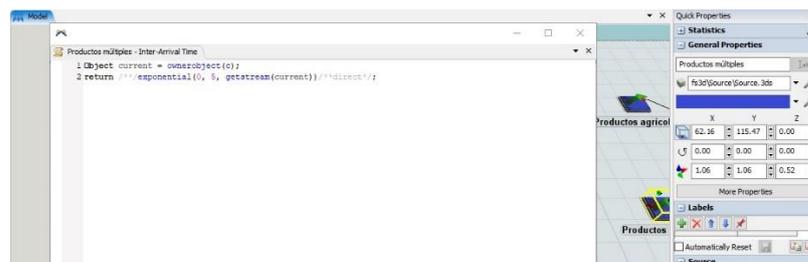
Figura 41. Codificación de los procesos por lotes.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 42, se proyecta la codificación desarrollada para el establecimiento de las frecuencias por considerarse una cantidad no formidable al ser un desperdicio repentino en distribución respecto al destino final.

Figura 42. Codificación de frecuencias.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 43, se evidencia la instauración de la codificación desarrollada para la definición del tamaño de lote, tiempo de ciclo y capacidad máxima de lote.

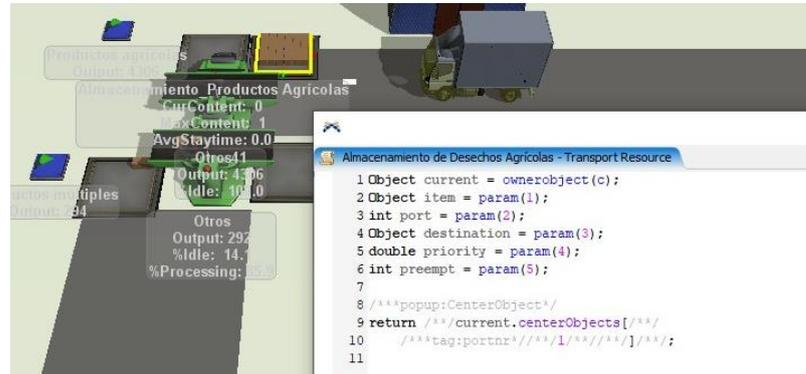
Figura 43. Codificación para definir el tamaño del lote.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 44, se constata el establecimiento del recorrido de los camiones bajo atención a los P de M_P con la ejecución de codificación en el software.

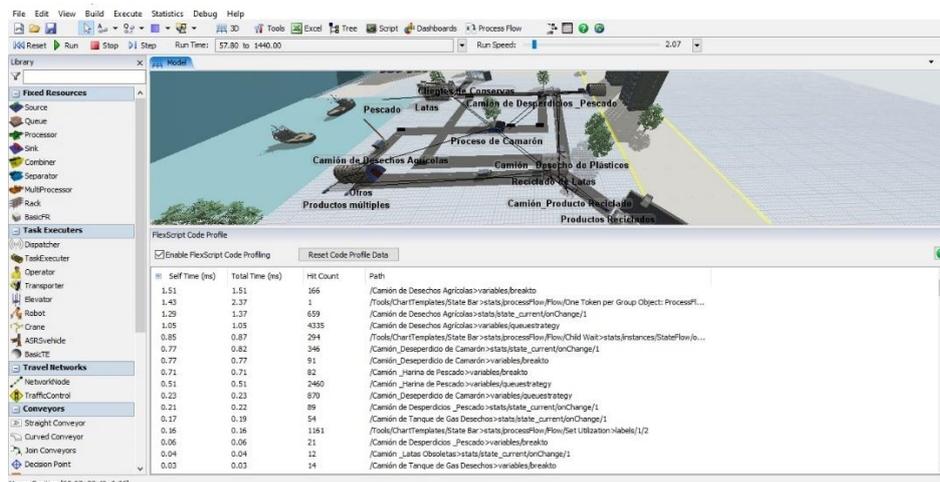
Figura 44. Codificación para definir la ruta del camión por P.



Nota. Elaborado por autor.

En la Figura 45, se demuestra la codificación para definir la interacción entre los agentes detectados en el sistema.

Figura 45. Codificación para interacción entre los agentes del sistema.



Nota: Elaborado por autor.

Para la ejecución del modelado se establecieron los parámetros bajo las condiciones en Toneladas (Tn), Kilogramos (Kg), Capacidad máxima de lotes (para dar inicio a la producción y distribución), las respectivas magnitudes de las masas (desechos) con el tiempo (t en min) de distribución determinados según el pedido por adquisición de los desechos generados diariamente.

3.2.4.4. Experimentación y Análisis de escenario

En este apartado se posibilitaron las interacciones entre los agentes con base a la identificación de las correlaciones circulares existentes, de manera que:

Los lotes por adquisición de materia prima que efectuó la manufactura conservera corresponden a:

Tabla 22. Caso Conservera.

Tamaño de Lote (Batch Size)	Tiempo de ciclo (Cycle Time)	Capacidad máxima
30 kg	5 min	200 lotes

Nota: Elaborado por autor.

Donde se genera y se distribuyen hacia las Harineras:

Tabla 23. Distribución de desechos Caso Conservera 1.

Cabeza, cola y huesos de pescado (Desechos)		
Tamaño de Lote (Batch Size)	Tiempo de ciclo (Cycle Time)	Capacidad máxima
10 kg	20 min	200 lotes

Nota: Elaborado por autor.

Donde se genera y se distribuyen hacia las Recicladoras:

Tabla 24. Distribución de desechos Caso Conservera 2.

Latas obsoletas (Desecho)		
Tamaño de Lote (Batch Size)	Tiempo de ciclo (Cycle Time)	Capacidad máxima
5 kg	120 min	200 lotes

Nota: Elaborado por autor.

Los lotes por adquisición de materia prima que efectuó la manufactura de producto agrícola corresponden a:

Tabla 25. Caso Otros.

Tamaño de Lote (Batch Size)	Tiempo de ciclo (Cycle Time)	Capacidad máxima
15 kg	5 min	50 lotes

Nota: Elaborado por el autor.

En este proceso se realiza una frecuencia por considerarse una cantidad no formidable al ser un desperdicio repentino en distribución respecto al destino final (Laboratorio de larvas), detallando que:

- De 0 a 5 kg el desecho agrícola se distribuye por minuto a los laboratorios de larvas.

Los lotes por adquisición de los desechos agrícolas que efectuó el laboratorio de larvas corresponden a la misma frecuencia establecida en la descripción anterior. Por consiguiente, los laboratorios generan y distribuyen sus desechos de la siguiente manera:

Tabla 26. Caso Laboratorio de larvas.

Cabeza y cáscaras de camarón (Desechos)		
Tamaño de Lote (Batch Size)	Tiempo de ciclo (Cycle Time)	Capacidad máxima
10 kg	20 min	100 lotes

Nota: Elaborado por autor.

De manera consecutiva la manufactura Harinera realiza pedidos de los desechos generados por las Conserveras y Laboratorios de larvas, detallando que los desechos receptados por estas industrias son los generados por los mimos (detallando que los valores cuantificados se encuentran en la Tabla 23 y 24.

Respecto a los desechos que genera la manufactura Harinera, se estableció una nueva frecuencia por considerarse una cantidad no formidable al ser un desperdicio repentino en distribución respecto al destino final (Recicladora), detallando que:

- De 0 a 5 kg de sacos o saquillos (desechos plásticos) provenientes de la Harinera se distribuyen cada 60 minutos a la Recicladora.

En la Tabla 27, se presenta el caso final de la manufactura Recicladora donde los requisitos de los pedidos provenientes de las demás industrias se detallan de la siguiente forma:

Tabla 27. Caso Recicladora

Latas obsoletas (Desechos)	
Tamaño de Lote (Batch Size)	Tiempo de ciclo (Cycle Time)
5 kg	120 min
Sacos o saquillos (Desechos plásticos)	
Tamaño de Lote (Batch Size)	Tiempo de ciclo (Cycle Time)
5 kg	60 min

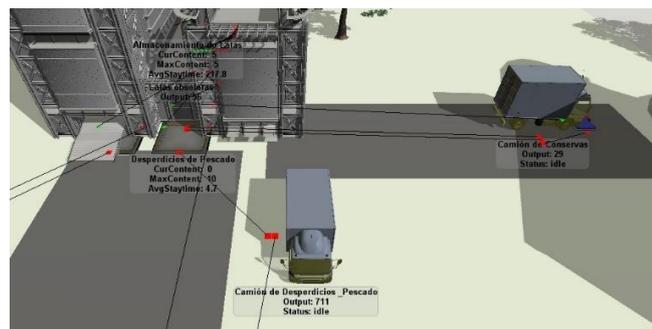
Nota: Elaborado por autor.

Lo que respecta a los metales por parte de los tanques de gas se estableció una nueva frecuencia por considerarse una cantidad no formidable al ser un desperdicio repentino en distribución respecto al destino final (Recicladora), detallando que:

- De 0 a 5 kg el desecho de Metales de tanques de gas se distribuye por minuto a las Recicladoras.

De manera consecutiva se detallaron las conexiones establecidas entre los agentes con la finalidad de realizar el correcto análisis de escenario respectivo. En la Figura 46 se exponen las conexiones del agente camión bajo pedido por el agente M_P.

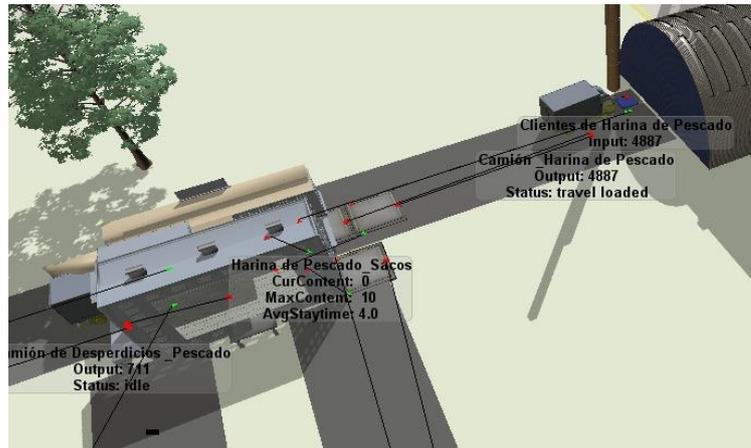
Figura 46. Conexión entre agente camión y agente M_P.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 47, se presentan las conexiones entre camiones, M y Mp.

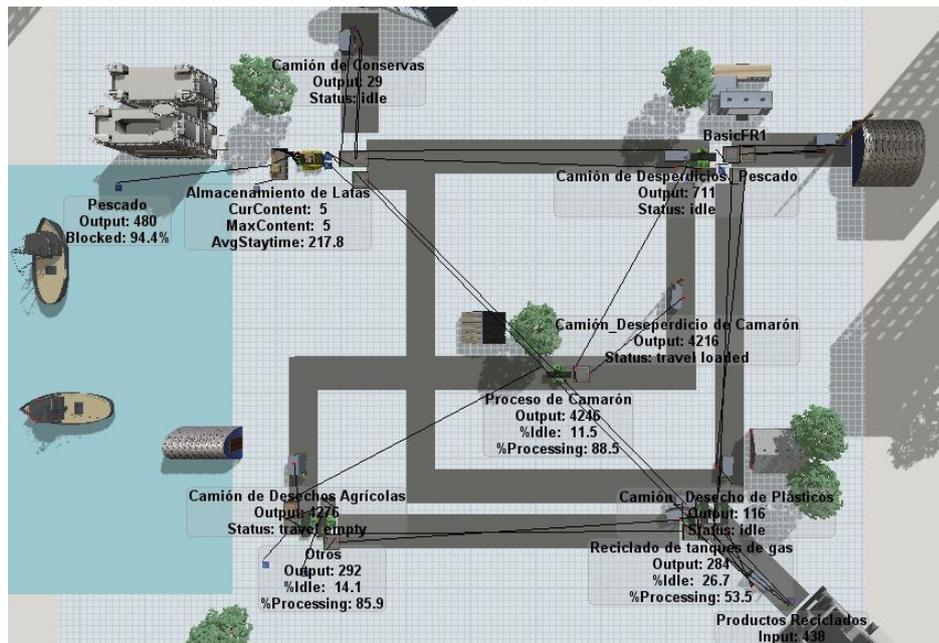
Figura 47. Conexión entre camiones, M y Mp.



Nota: Elaborado por autor.

Finalmente, en la Figura 48, se demuestra la conexión general entre todos los agentes detectados en el modelo.

Figura 48. Conexión entre todos los agentes del sistema.



Nota: Elaborado por autor.

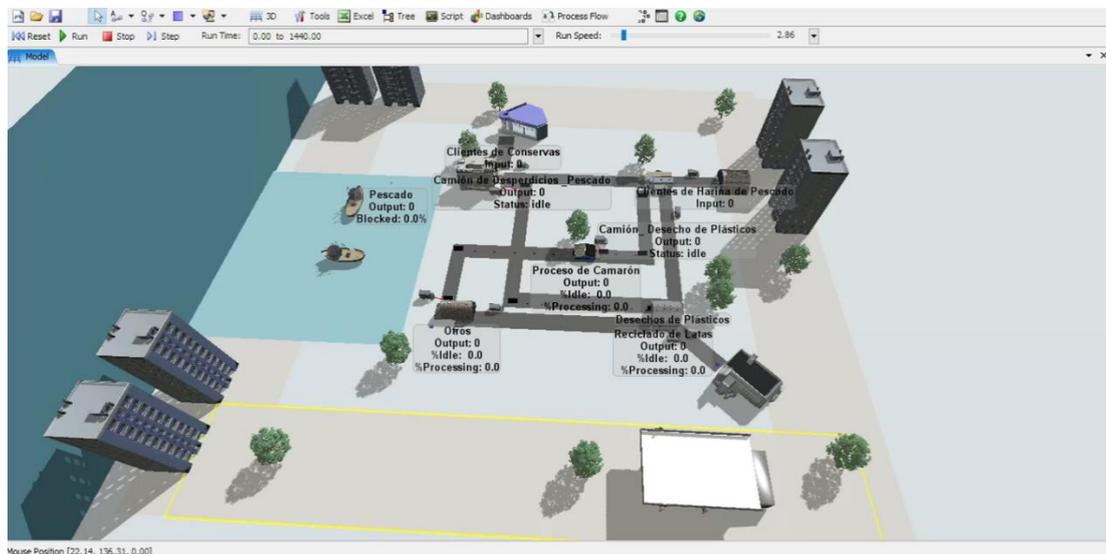
La interacción y correlación entre los agentes se fundamentó en el criterio expuesto por Cardoso-Hernández & Gouttefanjat, (2022) evidenciando que con la intervención de la tecnología se puede revertir o prevenir problemáticas relacionadas con los sistemas naturales.

3.2.4.5. Validación y Resultados

Una de las consecuencias actuales del deterioro apresurado del ecosistema se debe a las grandes emisiones de contaminación que las industrias han generado mediante su desarrollo y en busca de una solución que mitigue este detrimento se generan tecnologías que agudicen y brinden alternativas de restauración ambiental con proyecciones a condiciones óptimas de sustentabilidad (Cardoso-Hernández & Gouttefanjat, 2022).

Se valida el instrumento próspero por el hito investigativo desarrollado con metodologías conceptuales, analíticas e instrumentales que permitieron el apremiante desarrollo de un MBA capaz de simular un eficaz y eficiente SIC con la intervención de tecnologías como el software FlexSim validando la interacción posible por correlación de masas en las manufacturas de Santa Elena, Ecuador.

Figura 49. Simulación del SIC en Santa Elena, Ecuador.



Nota: Elaborado por autor.

La correlación existente por medio de la interacción entre los agentes al intercambiar por pedido sus desechos evidencia la transición inconsciente de circularidad enmarcada en sostenibilidad por medio de uno de los pilares fundamentales de la EC como lo es la SI siendo esta la clave desarrolladora del concepto citando a Vega-Guerrero et al., (2021) quienes mencionan que: “El desperdicio de unos, es considerado materia prima para otros”.

Además, se comprobó que bajo la Ec.2 se generan las respectivas alianzas entre las M, Distribuciones y las M_P obteniendo como resultado 12 acuerdos / contratos los cuales se exponen en la Tabla 28.

Tabla 28. Generación de Acuerdos / Contratos.

N°	Manufactura	Distribución	Atiende pedido de Manufactura _{proveedor}	Acuerdos / Contratos
1	Harinera	Recicladora	Conservera	3
			Laboratorio de larvas	
2	Recicladora	-	Otros	3
			Harinera	
			Conservera	
3	Laboratorio de larvas	Harinera	Otros	2
4	Otros	Recicladora	Laboratorios de larvas	2
5	Conservera	Recicladora	Harinera	2
TOTAL				12

Nota: Elaborado por autor.

Respecto a los resultados obtenidos por la simulación se evidencia que diariamente las industrias por Clientes Conservas manipulan una entrada de 29 kg, mientras que el Camión de Conservas posee una salida de 29 kg con su estado inactivo. El Desperdicio de Pescado en cambio demuestra un Contenido actual de 0 kg un Contenido máximo de 10 kg en un Tiempo de permanencia medio: 4,7 min.

Las Latas obsoletas manipulan una salida de 56 kg mientras que los Clientes de Harina de Pescado tienen una entrada de 4887 kg. A diferencia del Camión de Desperdicios_Pescado con una salida de 711 kg y un estado inactivo. La M_P Harina de Pescado_Sacos posee un Contenido actual de 0 kg, un Contenido máximo de 45 kg dentro de un Tiempo de permanencia medio de 3,1 min.

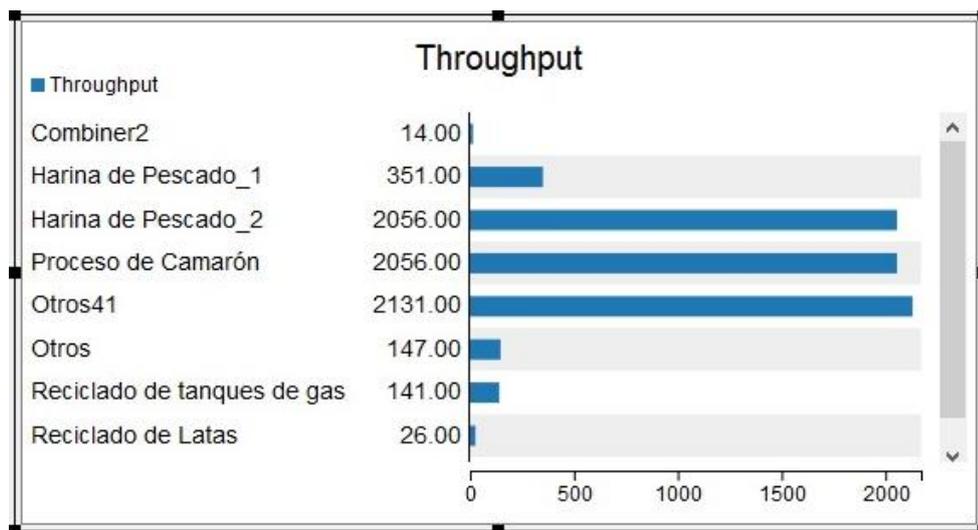
Por otro lado, en el Proceso de camarón las salidas son de 4246 kg con un porcentaje inactivo de 11,5 % y un porcentaje de procesamiento del 88,5 %, mientras que el Camión_Desperdicio de Camarón posee una salida de 4216 kg y un estado de recorrido cargado. Lo que respecta al Camión_Desecho de Plásticos manipula una

salida de 116 kg con estado final inactivo los Camión_Latas Obsoletas comprenden una salida de 56 kg de igual manera con estado inactivo, el Reciclado de Latas se presentó con una salida de 56 kg, bajo el porcentaje de inactividad del 91,6 % y un porcentaje de procesamiento de 8,4 % presentando el Almacenamiento de Productos múltiples con un Contenido actual de 0 kg, y un Contenido máximo de 1 kg dentro el Tiempo de permanencia medio de 0,0 min.

El Camión de Desechos Agrícolas corresponde a la salida de 4276 kg manteniendo un estado con descripción recorrido vacío, mientras que Productos Reciclados maneja un ingreso de 438 kg. El Camión_Desecho de Plásticos maneja una salida de 116 kg bajo estado inactivo, finalizando la simulación con la manufactura Otros quienes generan una salida de 292 kg manteniendo un porcentaje inactivo del 14,1% y un 85,9 % de procesamiento.

En la Figura 50, se evidencian los rendimientos correspondientes al agente M y M_P donde se destacaron la Harina de pescado, Proceso de Camarón y Otros según el número de lotes gestionados en el proceso de producción.

Figura 50. Rendimiento de producción por lotes.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 51, se proyectan los resultados de los agentes camiones en diagrama de barra con la finalidad de reconocer el estado de los mismos en porcentajes de inactividad, recorrido vacío, recorrido cargado, desplazamiento vacío y desplazamiento con carga.

Figura 51. Barra de Estado de Camiones.



Nota: Elaborado por autor.

En la Figura 52, se presenta el número de desechos en general conforme al tiempo transcurrido donde se evidenció que los desechos mantienen un estado de crecimiento por los constantes intercambios que realizan los agentes mediante la generación de acuerdos / contratos.

Figura 52. Desechos generales en tiempo transcurrido.



Nota: Elaborado por autor.

3.2.4.6. Presupuesto

En la Tabla 29, se describen los rubros necesarios para el desarrollo e implementación de la propuesta, donde se relatan a detalle los componentes generadores del valor total correspondiente a \$4.616,25 dólares americanos.

Tabla 29. Presupuesto.

Rubro	Descripción	Cantidad	Costo Unitario (USD)	Costo Total (USD)
Humano	Modelador	1	\$ 250,00	\$ 250,00
	Internet	3	\$28,00	\$84,00
Tecnológico	Software	1	\$2.000,00	\$2.000,00
	Cursos de capacitación	1	\$300,00	\$300,00
Oficina	Materiales de oficina	1	\$9,00	\$9,00
Otros	Transporte		\$25,00	\$25,00
	Impresiones		\$25,00	\$25,00
Subtotal				\$2.693,00
10% de imprevistos				\$269,30
15% de reajuste				\$403,95
TOTAL			\$4.616,25	

Nota: Elaborado por autor.

La propuesta del modelado requirió una inversión en activo fijo de \$4.616,25 dólares, generando por cinco años flujos de \$1.700,00 considerando una tasa del 10% anual. Para ello se procedió al cálculo de las herramientas financieras VAN, TIR y PR como proyección de confiabilidad económica en la inversión efectuada.

- **VAN (\$):** Valor Actual Neto
- **TIR (%):** Tasa Interna de Retorno
- **PR (t):** Periodo de Recuperación

En la Tabla 30, se evidencian los cálculos necesarios para la determinación de las herramientas mencionadas.

Tabla 30. Cálculo de VAN, TIR y PR.

	0	1	2	3	4	5
Flujo Fondo	\$ -4.616,25	\$ 1.700,00	\$ 1.700,00	\$ 1.700,00	\$ 1.700,00	\$ 1.700,00
Saldo Actual de 10%	\$ -4.616,25	\$ 1.545,45	\$ 1.404,96	\$ 1.277,24	\$ 1.161,12	\$ 1.055,57
Saldo Actualizado Acumulado	\$ -4.616,25	\$ -3.070,80	\$ -1.665,84	\$ -388,60	\$ 772,52	\$ 1.828,09

Nota: Elaborado por autor.

Donde:

- Tasa (%) = Valor por definición

10%

- VNA (\$) = VNA (interés; flujos de caja) + desembolso inicial.

\$ 6.444,34

- VAN (\$) = Beneficio Neto Actualizado (VNA) – Inversión Inicial (Io).

\$ 1.828,09

- TIR (%) = se resta el valor inicial (costo) del valor final (venta o retorno de la inversión) de la operación, dividirlo entre el valor inicial y multiplicar el resultado por 100.

25%

- PR (t) = Inversión inicial / Flujo de efectivo por período.

3,33

Partiendo del valor neto actual de \$ 6.444,34 dólares, se justificó que la propuesta generó un excedente de \$ 1.828,09 dólares correspondientes a la recuperación de la inversión inicial del proyecto aun atendiendo el pago de la tasa establecida del 10% justificando que la aplicación de la propuesta generó valor. Mientras que el 25% en la tasa de retorno demostró un incremento respecto a la tasa solicitada para la propuesta, por lo tanto, se obtuvo mayor TIR que la tasa establecida. Finalmente, el periodo de recuperación de la inversión realizada se apreció con base a los cálculos en el periodo 3,33 demostrando que antes del periodo 4 el proyecto recuperó la inversión inicial.

Partiendo del análisis anteriormente expuesto se constató que, aunque los tres indicadores complementarios financieros demuestren recuperación de inversión la

resiliencia de las empresas demora los resultados de la idea debido a la falta de participación en SIC por intención y diseño.

3.2.4.7. Modelo Matemático

La problemática existente de la contaminación generada por el desarrollo de las industrias las obliga a adecuarse en reformas de circularidad donde se gestionen soluciones que abarquen la reutilización de recursos ya sea en forma de materiales, energía, entre otros. Esto infiere en la posibilidad de alianzas con la EC o un SIC creando beneficios sostenibles donde todos puedan ganar (Beltrami et al., 2021; Vega-Guerrero et al., 2021).

En contribución a la posible alianza entre la circularidad y las manufacturas se desarrolló un modelo matemático que analizó la producción de las manufacturas sin generar contaminación. Partiendo de lo planteado se cita el paradigma ganar-ganar siendo la estrategia que permite el acuerdo en el que ambas partes involucradas obtengan beneficios (Atencio-González et al., 2021).

El análisis del modelo matemático partió de la interrogante: **¿El sector secundario puede producir en función del cuidado del ecosistema y a su vez generarse beneficios económicos?**

Analizando estos aspectos relevantes para el análisis matemático se cita el paradigma ganar-ganar en función a la matriz con opciones de la empresa.

Tabla 31. Paradigma ganar-ganar.

Perder	→		Ganar
↓	Manufactura (M)	Posición financiera	Descripción
Ganar	Ecosistema (E)	$P_E(t), G^1pf(t)$	Manufactura que produce con deterioro en el E.
		$G_E(t), G^2pf(t)$	Ganancias de la manufactura que opta por cuidar el E.

Nota. Elaborado por autor.

En la Tabla 30, se presentan los agentes detectados en el modelo matemático con su respectiva identificación mediante variables para mejor entendimiento y apreciación lectora en las ecuaciones planteadas.

Tabla 32. Agentes del modelo matemático

Variable del Agente	Agente
E	Ecosistema
M	Manufactura
a	Acuerdos / Contratos
P	Producción
G	Ganancias en beneficio del ecosistema
Pf	Posición financiera
t	Periodo
G¹pf (t)	Manufactura que produce con deterioro en Ecosistema (P _E)
G²pf (t)	Ganancias de la manufactura que opta por cuidar el E (G _E)
z	Tasa intertemporal
Cl	Costos por limpieza
Rc	Reducción de contaminación

Nota: Elaborado por autor.

Se analizan los aspectos de producción **1** y **2**:

- 1) Las manufacturas producen y obtienen beneficio económico, pero provocan contaminación y deterioro al ecosistema ($G^1pf(t)$).
- 2) Las manufacturas producen obteniendo beneficio económico y a su vez cuidan del ecosistema ($G^2pf(t)$).

Conociendo que las ganancias obtenidas en el aspecto de producción 2 son menores en el periodo (t) se detalla que $G^1pf(t) > G^2pf(t)$. Posterior a ello se analizan la existencia de estrategias de beneficio propio que algunas manufacturas aplican en el inicio de procesos en su ciclo de vida donde optan por altos beneficios económicos sin cuidar el ecosistema esto genera un incremento en los costos de producción futuros resultando escasos en beneficios para los periodos posteriores. Es decir:

$$G^a pf\left(\frac{t}{b}\right), (a = 1,2; b = 1,2) \quad (\text{Ec.1})$$

Las ganancias G de manufactura M en el lapso de periodo t que opte por acuerdos/contratos a, teniendo como elección b en el periodo anterior.

Dicha observación se analizó por la causa evidente de la contaminación generada por los desechos que las manufacturas vierten al ecosistema demostrando una actuación con bases en ineficiencia e ineficacia. Resultando apremiante para las industrias la implementación de actividades como el manejo, la disposición y distribución de desechos, entre otros.

Las condiciones económicas que se modifican en este modelado son los pertenecientes al agente E entre los periodos t y t+1 los cuales dependen solamente de los acuerdos / contratos del agente M. Asumiendo que uno de los acuerdos no precautela el cuidado de E genera costos adicionales en el periodo t+1 la repercusión de dicho acuerdo en el periodo t se denota de la siguiente manera:

$$G^2pf\left(\frac{t+1}{1}\right) < G^1pf\left(\frac{t+1}{1}\right) < G^1f(t) \quad (\text{Ec.2})$$

Mientras que:

$$G^1pf\left(\frac{t+1}{2}\right) < G^2pf\left(\frac{t+1}{2}\right) < G^2f(t) \quad (\text{Ec.3})$$

Analizando a por decisión de M en la Ec.1 las ganancias en el periodo t+1 corresponden al acuerdo en el periodo t con deterioro en E (a=1), serán menores que las adquiridas en periodos anteriores independientemente al acuerdo mantenido en t+1.

Mientras que a por decisión de M en la Ec.2 las ganancias en el periodo t+1 corresponden al acuerdo en el periodo t bajo la condición de producir sin contaminar en E (a=2), no serán menores que las adquiridas en periodos anteriores independientemente al acuerdo que elija mantener en t+1.

Una vez analizados estos dos casos es necesario estudiar el beneficio actual (t) y posterior (t+1), donde:

$$G^1pf\left(\frac{t+1}{2}\right)e^{-z} + G^1pf(t) < G^2pf\left(\frac{t+1}{2}\right)e^{-z} + G^2pf(t) < G^1pf\left(\frac{t+1}{2}\right)e^{-z} + G^2pf(t) \quad (\text{Ec.4})$$

La Ec.4 acentuó la decisión de M al optar por producir en el primer periodo sin generar contaminación aun si modifica los acuerdos en los periodos posteriores, aunque se corrobore la condición $G^1pf(t) > G^2pf(t)$. Se considera t+2 por la secuencia a la reducción de la contaminación obligando a M a no contaminar.

La condicionante z surgió en representación a la tasa intertemporal en Ecuador donde los proyectos se evalúan bajo el 12% de la tasa de descuento según Castillo & Zhangallimbay, (2021) asegurando que M producirá precautelando el cuidado del ecosistema, cumpliendo con la ecuación 5.

$$z = 12\% \quad z < \frac{-\log \left[G^1 pf \left(\frac{t+1}{2} \right) - G^1 pf \left(\frac{t+1}{1} \right) \right]}{[G^1 pf(t) - G^2 pf(t)]} \quad (\text{Ec.5})$$

Analizando z se evidencia el valor actual que designa un agente económico a una unidad de beneficio obtenida en el futuro, demostrando que la empresa no es totalmente prescindible del futuro.

Con base a lo anteriormente expuesto se presenta la logística inversa donde el propio ecosistema obliga a las empresas incursionar en políticas sustentables donde asuman responsabilidades por los daños causados en los primeros periodos ($t=1$) debido a la mala gestión con sus residuos esto conllevó al análisis de los costos por limpieza (Cl).

$$G^1 pf \left(\frac{t+1}{2} \right) = G^1 pf(t) - Cl \quad (\text{Ec.6})$$

Si estas formas de producción se mantienen constantes en consecuencia la diferencia de los beneficios se mantendrá también constante $\Delta = G^1 pf(t) - G^2 pf(t) > 0$

Estableciendo los sucesos en el segundo periodo las manufacturas contaminadoras reducirán el daño basado en la cantidad de Cl, obteniendo beneficios presentes en $t=t_0$, como se demuestra en la siguiente ecuación:

$$Rc^1(t_0) = G^1 pf(t_0) + (G^1 pf(t_0) - Cl)e^{-z} \quad (\text{Ec.7})$$

Analizando la ecuación anterior en el caso de producción eficiente y de cuidado del ecosistema se obtiene:

$$Rc^2(t_0) = G^2 pf(t_0) + (G^2 pf(t_0))e^{-z} \quad (\text{Ec.8})$$

Destacando la posible ecuación para poder producir sin contaminar el ecosistema siempre y cuando se verifique la condición $Rc^2(t_0) - Rc^1(t_0) > 0$; es decir:

$$G^2 pf(t_0) + (G^2 pf(t_0))e^{-z} > G^1 pf(t_0) + (G^1 pf(t_0) - Cl)e^{-z} \quad (\text{Ec.9})$$

O semejante si:

$$\Delta = Cl \frac{1}{1 + e^z} \quad (\text{Ec.10})$$

Demostrando que no es necesaria la participación de algún ente externo para que evalúe o controle la producción sin contaminación. Caso contrario si la empresa reitera en el comportamiento de una producción generadora de contaminación se precede a la verificación de la tasa de descuento futuro $z > \ln \left(\frac{Cl}{\Delta} - 1 \right)$ se solicita la intervención de la autoridad pertinente con sanciones como el aumento del impuesto por contaminación una vez comprobada con base en los CI o renovando el índice que asegure la producción futura sin contaminación.

3.3. Resumen parcial

En la desarrollada propuesta se mencionan eventos que permiten una mejor circularidad en presencia de un sistema industrial sustentable y sostenible realizado dentro de un periodo diario como el tiempo de desarrollo limitante para el análisis de interacción y comportamiento de los agentes dentro de la simulación acción y tiempo que permite a la investigación establecer los beneficios y la validez del modelado propuesto destacando el subproducto o desecho generado como el eslabón más significativo para la ejecución del MBA en Santa Elena, Ecuador.

Por otro lado, con el modelado matemático analizado se muestran las posibles igualdades que demostraron la intervención de la circularidad en manufacturas al exponer las vivencias de dos casos: las manufacturas con beneficios económicos sin conservación en el ecosistema y el segundo caso en el que las empresas si pueden generar beneficios económicos y a su vez precautelar el cuidado del ecosistema tan solo con implementación eficiente de ecuaciones sustentadas en el desarrollo matemático de las decisiones empresariales respecto al desarrollo sustentable, RSC y las actividades empresariales (Accinelli-Gamba & De la Fuente-García, 2013).

3.4. Marco de discusión

En lo estudiado por la RSL se concreta que el MBA permite la comprensión de comportamientos e interacciones simbióticas de individuos dentro de un mismo sistema conforme pasa el tiempo mediante un lenguaje algorítmico computacional, además se encuentra capacitado para la simulación de SAC consintiendo en análisis el caso de un SIC, demostrando ser un avance tecnológico, eficaz y portador de herramientas innovadoras con soluciones optimizadas (Han et al., 2022; Raimbault et al., 2020).

En relación a lo expuesto, se considera la intervención de la tecnología en las manufacturas como la herramienta que analiza de manera eficiente la transición del modelado lineal tradicional por el modelo circular propuesto por el SIC o EC resaltando que este modelo genera procesos de producción con fines en desperdicio cero, dicho de otro modo, el desecho generado se convierte en materia prima para otros (Vega-Guerrero et al., 2021).

Es importante sustentar que el enfoque de la investigación se centró en la metodología cuantitativa con el alcance de estudio descriptivo y correlacional bajo el grupo de transeccionales o transversales en el diseño de investigación establecida por (Ramos-Galarza, 2020; Hernández-Sampieri & Mendoza-Torres, 2018).

La determinación de los autores mencionados estableció la investigación en la categoría no experimental fundando la pesquisa en el diseño tipo retrospectivo al realizar la comparación de sucesos estudiados con anterioridad. Para el levantamiento de datos estadísticos se realizó la ejecución de la técnica de encuesta siendo esta previamente validada por expertos mediante la metodología Ábaco de Régnier obedeciendo la clasificación de expertos bajo criterios rigurosos de inclusión y exclusión (Mena-Mejía et al., 2022; Ochoa-Sangrador, 2019; Tod, 2019).

Cumpliendo con el plan de evaluación establecido en el capítulo II una vez validada la encuesta y realizado el cuestionario con los jefes a cargo de las empresas manufactureras estratificadas seleccionadas mediante los criterios estadísticos de conveniencia Muyulema-Allaica, (2018b); Otzen & Manterola, (2017) se realizaron los cálculos y tabulaciones correspondientes mediante el software SPSS-25.

Los datos estadísticos obtenidos y procesados por el software SPSS-25 se contrastaron en las alternativas de respuesta con un 47% en SI y un 8% en NO, en las alternativas de contratos o cuerdos se reflejó un resultado del 0% De 0 a 1 acuerdos, el 6% De 2 a 3 acuerdos y el 3% en Más de cuatro acuerdos. Mientras que en las manufacturas que adquieren los pedidos por medios de distribución presentaron un 3% en Recicladoras y Harineras, 6% Harineras y el 0% a Otros. En las alternativas de respuesta correspondiente a toneladas se evidenció un 13% De 0 a 5 Tn, 1% De 5 a 10 Tn, y un 4% en Más de 10 Tn. De acuerdo a los porcentajes de la reducción de residuos resultaron 5% De 0% a 14,99%, el 1% De 15% a 29,99% y un 3% en Más del 30%.

Con la finalidad de establecer el cumplimiento de fiabilidad y confiabilidad a los estudios de datos tabulados se desarrolló el cálculo pertinente mediante el análisis de varianza ANOVA y el cálculo Fisher estableciendo como resultante la aprobación de la Ha indicado que: *“El MBA resulta aplicativo para un Sistema Industrial Circular en Santa Elena, Ecuador”*.

Una vez aceptada la Ha se dio continuidad a la propuesta de MODELADO BASADO EN AGENTES PARA LA SIMULACIÓN DE LA REVOLUCIÓN DEL SISTEMA INDUSTRIAL CIRCULAR EN MANUFACTURAS DE SANTA ELENA, ECUADOR.

Donde los agentes Ecosistema (E), Manufactura (M), Manufactura_{proveedor} (M_P) y Pedidos (P) correspondieron al análisis exhaustivo de modelos conceptual y analítico que posibilitaron la simulación representada bajo las ecuaciones lógicas 1 y 2. Destacando que la propuesta desarrolló eventos en los que se pudo apreciar las interacciones y comportamientos de los agentes conforme a las decisiones tomadas por el modelador en el transcurso diario de proyección simulado comprobando con el MBA la validez de un sistema industrial circular en Santa Elena, Ecuador. Posteriormente se desarrolló el modelo matemático en el que una manufactura si puede obtener beneficios económicos sin generar contaminación ni deterioro al ecosistema.

Se realizó esta propuesta por la iniciativa que posee Ecuador al destacarse como uno de los países pioneros en la implementación de estrategias circulares en proyectos Quezada, (2020), mientras que se apunta a Santa Elena por presentar escasos estudios en los que no se puede citar un sistema industrial circular, denominando al estudio apremiante y considerándolo como un hito investigativo.

CONCLUSIONES

En síntesis, cumpliendo con el objetivo general de la investigación y respondiendo a la pregunta planteada sobre el Modelado basado en agentes para comprobar la validez de un sistema industrial circular en Santa Elena, Ecuador. Se concluye lo siguiente:

1. La sustentación de la simulación mediante el modelado entre agentes se desarrolló bajo un estudio del estado del arte con bases teóricas procedentes al análisis de la RSL por triple línea de acción conceptualizando las variables independiente y dependiente del estudio destacando un total de 39 artículos examinados siendo 36 consultas bibliográficas científicas y 3 casos de estudios.
2. Los estudios seleccionados en modelados basados en agentes con simulaciones en software establecieron un marco de estudio metodológico con diversas técnicas científicas que en conjunto a mecanismos investigativos permitieron resultados viables y confiables para la correcta toma de decisiones.
3. La implementación de la acertada elección de los instrumentos metodológicos como Ábaco de Régnier, software SPSS-25, Alfa de Cronbach y Fisher permitieron la validación de la técnica de encuesta para el acopio, cuantificación y fiabilidad de datos. Mientras que el software FlexSim permitió una visión virtual abstraída del mundo real mediante un MBA que explicó la validez de un SIC por interacción entre empresas manufactureras detectando el eslabón más fuerte. También se verificó que un modelo matemático permite resolver problemáticas reales mediante construcción de modelos sean estos simbólicos, computacionales o físicos.

RECOMENDACIONES

Como consecuencia a los resultados derivados de la investigación Modelado basado en agentes para comprobar la validez de un sistema industrial circular en Santa Elena, Ecuador. A fin de plasmar aspectos importantes que se deben priorizar en el estudio se recomienda:

1. Emplear metodologías actualizadas como la plataforma Dimensions para una exhaustiva RSL que permita al investigador contar con una base de datos más amplia sin límites de acceso a documentaciones requeridas para el análisis que se necesita estudiar.
2. Definir al grupo validador de expertos con anterioridad a fin de no retrasar las fases de investigación al momento de requerir la validación de las técnicas e instrumentos para el levantamiento de datos estadísticos.
3. Referir instrumentos que demuestren la fiabilidad y veracidad en los datos cuantificados. En cuanto al modelado propuesto se recomienda trabajar en softwares con los que no se limite el uso de sus herramientas, como en el caso de las licencias, con lo que a su vez se logre exponer el eslabón más fuerte para su rectificación, aprovechamiento o mejora. Finalmente aplicar la variable tiempo en la ejecución de las simulaciones y modelados matemáticos con el fin de observar el comportamiento de las decisiones tomadas en relación al periodo establecido.

REFERENCIAS (o BIBLIOGRAFÍA)

- Accinelli-Gamba, E., & De la Fuente-García, J. L. (2013). Responsabilidad social corporativa, actividades empresariales y desarrollo sustentable, modelo matemático de las decisiones en la empresa. *Contaduría y Administración*, 58(3), 227–248. <https://www.scielo.org.mx/pdf/cya/v58n3/v58n3a10.pdf>
- Acevedo-Díaz, J. A., García-Carmona, A., Aragón-Méndez, M. del M., & Oliva-Martínez, J. M. (2017). Modelos científicos: significado y papel en la práctica científica. *Revista Científica*, 3(30), 155. <https://doi.org/10.14483/23448350.12288>
- Aguilar-Jacal, R. E., Gallardo-Aguilar, M. del C., De la Garza-Carranza, M. T., & Esquivel-Sánchez, M. (2022). Confiabilidad de un instrumento para medir la percepción de calidad en los servicios en línea en educación superior. *Pistas Educativas*, 43(141), 162–170. <http://pistaseducativas.celaya.tecnm.mx/index.php/pistas/article/view/2633/2134>
- Ahmed, Z., Mahmud, S., & Acet, D. H. (2022). Circular economy model for developing countries: evidence from Bangladesh. *Heliyon*, 8(5), e09530. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09530>
- Alassaf, M., & Mustafa-Qamar, A. (2022). Improving sentiment analysis of arabic tweets by one-way ANOVA. *Journal of King Saud University - Computer and Information Sciences*, 34(6), 2849–2859. <https://doi.org/10.1016/j.jksuci.2020.10.023>
- Alfaro-Ureña, D., Ortega-A., B., & Lozano, B. (2023). Aplicación del análisis de varianza para comparar el aprendizaje de los estudiantes en tres modalidades: virtual sincrónica, virtual asincrónica y presencial. *Revista Científica Guacamaya*, 7, 60–72. <https://revistas.up.ac.pa/index.php/guacamaya/article/view/3182/2804>
- Alfonso-Mora, M. L., Castellanos-Garrido, A. L., Villarraga-Nieto, A. del P., Acosta-Otálora, M. L., Sandoval-Cuellar, C., Castellanos-Vega, R. del P., Goyeneche-

- Ortegón, R. L., & Cobo-Mejía, E. A. (2020). Aprendizaje basado en simulación. *Educacion Medica*, 21(6), 357–363. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2018.11.001>
- Almeida-Guzmán, M., & Díaz-Guevara, C. (2020). Economía circular, una estrategia para el desarrollo sostenible. *Avances en Ecuador. Ciencia y Sociedad*, 19(1), 27–37. <https://doi.org/10.22206/cys.1994.v19i1.pp27-37>
- Anderson, B. D. O., & Ye, M. (2019). Recent Advances in the Modelling and Analysis of Opinion Dynamics on Influence Networks. *International Journal of Automation and Computing*, 16(2), 129–149. <https://doi.org/10.1007/s11633-019-1169-8>
- Andrago-Alobuela, M. S., & Arroyo-Morocho, F. R. (2022). Industria 4.0 y economía circular: revisión de la literatura y recomendaciones para una industria sustentable en Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 5(6), 14623–14638. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i6.1422
- Araya, F. (2020). Modelación basada en agentes: ¿una herramienta para la ingeniería y gestión de la construcción? *SciELO*, 35(0718–5073). <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50732020000200111>
- Arcila-Calderón, C., Van-Atteveltdt, W., & Trilling, D. (2021). Dossier Métodos Computacionales y Big Data en la Investigación en Comunicación. *Dossier*. <https://doi.org/https://doi.org/10.7764/cdi.49.35333>
- Arroyo-Morocho, F. R. (2018). La Economía Circular como factor de desarrollo sustentable del sector productivo. *INNOVA Research Journal*, 3(12), 78–98. <https://doi.org/10.33890/innova.v3.n12.2018.786>
- Asante, R., Faibil, D., Agyemang, M., & Khan, S. A. (2022). Life cycle stage practices and strategies for circular economy: assessment in construction and demolition industry of an emerging economy. *Environmental Science and Pollution Research*, 2020. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-21470-w>
- Atencio-González, R. E., Arrias-Añez, J. C. D. J., & Pupo-Kairuz, A. R. (2021). Técnicas y estrategias de negociación en el procedimiento del arbitraje y

mediación. *Revista Universidad y Sociedad*, 13(5), 92–97.
<http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v13n5/2218-3620-rus-13-05-92.pdf>

Belloso-Matin, N. (2019). Algoritmos predictivos al servicio de la justicia: ¿una nueva forma de minimizar el riesgo y la incertidumbre? *Faculdade Mineira de Direito*, 22(43), 1–31.

Beltrami, M., Orzes, G., Sarkis, J., & Sartor, M. (2021). Industry 4.0 and sustainability: Towards conceptualization and theory. *Journal of Cleaner Production*, 312, 127733. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.127733>

Bozdogan, A., Görkemli Ayku, L., & Demirel, N. (2022). An agent-based modeling framework for the design of a dynamic closed-loop supply chain network. <https://doi.org/10.1007/s40747-022-00780-z>

Camargo-Boyacá, M. E. (2019). Herramienta de simulación basada en agentes para la evacuación de edificios e instalaciones. In *Universidad Nacional de Colombia*. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/77124>

Canossa-Montes de Oca, H. (2021). Economía circular en la visión estratégica y sostenible de las empresas modernas. *593 Digital Publisher CEIT*, 6(2), 105–117. <https://doi.org/10.33386/593dp.2021.2.463>

Cardoso-Hernández, I., & Gouttefanjat, F. (2022). Sustentabilidad, tecnología ambiental y regeneración ecosistémica: retos y perspectivas para la vida. *Revista Universidad y Sociedad*, 14(2), 142–157. <http://scielo.sld.cu/pdf/rus/v14n2/2218-3620-rus-14-02-142.pdf>

Carrizo, D., & Moller, C. (2018). Estructuras metodológicas de revisiones sistemáticas de literatura en Ingeniería de Software: un estudio de mapeo sistemático. *Ingeniare. Revista Chilena de Ingeniería*, 26, 45–54. <https://doi.org/10.4067/s0718-33052018000500045>

Castillo, J. G., & Zhangallimbay, D. (2021). La tasa social de descuento en la evaluación de proyectos de inversión: una aplicación para el Ecuador. *Cepal Review*, 134, 77–98. <https://doi.org/10.18356/16820908-2021-134-4>

- Condori-Ojeda, P. (2020). Universo , población y muestra. *Curso Taller, Sesión 4*.
<https://www.aacademica.org/cporfirio/18>
- Cuggia-Jiménez, C., Orozco-Acosta, E., & Mendoza-Galvis, D. (2020). Manufactura esbelta: una revisión sistemática en la industria de alimentos. *Informacion Tecnologica*, 21(5), 163–172. <https://doi.org/10.4067/S0718-07642020000500163>
- D'Amato, D., Droste, N., Allen, B., Kettunen, M., Lähtinen, K., Korhonen, J., Leskinen, P., Matthies, B. D., & Toppinen, A. (2017). Green, circular, bio economy: A comparative analysis of sustainability avenues. *Journal of Cleaner Production*, 168, 716–734. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.09.053>
- Davezías-Martínez, W. R., Vargas-La Torre, M. T., & Aruquipa-Chávez, E. A. (2022). Repensando los procesos de definición del perfil profesional en la carrera de pedagogía de la Universidad San Francisco Xavier De Chuquisaca. *Ciencia, Tecnología e Innovación*, 20(25), 55–73. <https://doi.org/https://doi.org/10.56469/rcti.vol20n25.700>
- De La Rosa-Leal, M. E. (2021). El enfoque de sostenibilidad en las teorías organizacionales. *Trascender, Contabilidad Y Gestión*, 6(17 mayo-agosto), 87–102. <https://doi.org/10.36791/tcg.v0i17.102>
- Díaz-Martínez, M. A., Zárate-Cruz, R., & Román-Salinas, R. V. (2018). Simulación con FlexSim, una nueva alternativa para la ingeniería hacia la toma de decisiones en la operación de un sistema de múltiples estaciones de prueba. *Científica*, 22(2), 97–104. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61458109002>
- Duek, C., & Inda, G. (2014). La teoría de la estratificación social de Parsons: una arquitectura del consenso y de la estabilización del conflicto. *Revista Theomai*, 29, 155–175. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=12431432009>
- ES MAPAMA, & MIMEINCO. (2018). España circular 2030: estrategia española de economía circular. *Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente (MAPAMA) y Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (MIMEINCO)*, 15.

- Fouladvand, J., Ghorbani, A., Sari, Y., Hoppe, T., Kunneke, R., & Herder, P. (2022). Energy security in community energy systems: An agent-based modelling approach. *Bioresource Technology Reports*, 100310. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.132765>
- Fu-Siang, S., Vasudevan, A., Despeisse, M., Chari, A., Turanoglu-Bekar, E., Gonçalves, M. M., & Estrela, M. A. (2022). Usability and usefulness of circularity indicators for manufacturing performance management. *Procedia CIRP*, 105, 835–840. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.02.138>
- Grünauer, A., & Vincze, M. (2015). Using dimension reduction to improve the classification of high-dimensional data. *Automation and Control Institute, Vienna University of Technology, Austria*, 2015. <https://doi.org/https://doi.org/10.48550/arXiv.1505.06907>
- Gustabello-Cogle, R., Rodríguez-Conte, A., Pacheco-Chanfrau, A. Y., Pérez-Díaz, M., & Abreu-García, J. (2022). Aprendizaje por proyectos, pasos iniciales en la carrera de automática, UCLV. *Referencia Pedagógica*, 10(1), 134–148. <https://rrp.cujae.edu.cu/index.php/rrp/article/view/293/322>
- Han, F., Sun, M., Jia, X., Klemeš, J. J., Shi, F., & Yang, D. (2022). Agent-based model for simulation of the sustainability revolution in eco-industrial parks. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(16), 23117–23128. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-17503-5>
- Hernandez-Marquina, M. V., Zwolinski, P., & Mangione, F. (2021). Application of Value Stream Mapping tool to improve circular systems. *Cleaner Engineering and Technology*, 5, 100270. <https://doi.org/10.1016/j.clet.2021.100270>
- Hernández-Sampieri, R., Fernández-Collado, C., & Baptista-Lucio, P. (2014). *Metodología de la investigación*. (S. A. de C. V. McGraw-Hill/Interamericana Editores (ed.); Sexta Edic).
- Hernández-Sampieri, R., & Mendoza-Torres, C. P. (2018). Metodología de la investigación. Las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. In S. A. de C. V. McGraw-Hill Interamericana Editores (Ed.), *Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta* (Primera ed). shorturl.at/mwS39

- Hernández, C. E., & Carpio, N. (2019). Introducción a los tipos de muestreo. *ALERTA Revista Científica Del Instituto Nacional de Salud*, 2(1), 75–79. <https://doi.org/10.5377/alerta.v2i1.7535>
- Hernández, H. A., & Pascual-Barrera, A. E. (2018). Validación de un instrumento de investigación para el diseño de una metodología de autoevaluación del sistema de gestión ambiental. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 9(1), 157–164. <https://doi.org/10.22490/21456453.2186>
- Iglesias-Piña, D. (2021). Los sistemas productivos industriales. Un acercamiento desde la perspectiva de la sustentabilidad. *Universidad Autónoma Del Estado de México, I*, 1–16. <http://ru.iiec.unam.mx/id/eprint/5404>
- ISO. (2019). *Organización Internacional de Estandarización*. <https://bit.ly/2XP1Lpt>.
- Jiménez-Chaves, V. E. (2015). Las redes de investigación. *Academo*, 2(2), 8.
- Jiménez-Martínez, N. M. (2017). El residuo: producto urbano, asunto de intervención pública y objeto de la gestión integral. *Cultura y Representaciones Sociales*, 11(22), 158–192. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-81102017000100158&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Li, G., Yang, S., Xu, Z., Wang, J., Ren, Z., & Li, G. (2020). Metodología de asignación de recursos basada en la simulación de eventos discretos orientada a objetos: Un estudio de caso de un sistema logístico de producción. *CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology*, 31(2019), 394–405. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2020.07.001>
- Loayza-Pérez, J., & Silva-Meza, V. (2013). Los procesos industriales sostenibles y su contribución en la prevención de problemas ambientales. *Industrial Data*, 16(1), 108–117. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=81629469013>
- Luna-Conejo, B., & Luna-Nemecio, J. (2022). El papel de la educación en línea para alcanzar sustentabilidad. Desafíos socio-ecológicos e inteligencia emocional. *Sociedad & Tecnología*, 5, 431–442. <https://doi.org/https://doi.org/10.51247/st.v5iS2.281>.

- Luściński, S., & Ivanov, V. (2020). A simulation study of industry 4.0 factories based on the ontology on flexibility with using FlexSim Software. *Management and Production Engineering Review*, *11*(3), 74–83. <https://doi.org/10.24425/mper.2020.134934>
- MAATE. (2019). *Gobierno Nacional fortalece las estrategias para consolidar ciudades sostenibles en Santa Elena*. 278. <https://www.ambiente.gob.ec/gobierno-nacional-fortalece-las-estrategias-para-consolidar-ciudades-sostenibles-en-santa-elena/>
- Martelo, R. J., Villabona, N., & Jiménez-Pitre, I. (2017). Guía metodológica para definir el perfil profesional de programas académicos mediante la herramienta Ábaco de Régnier. *Redalyc.Org*, *10*(1), 15–24. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062017000100003>
- Marvuglia, A., Bayram, A., Baustert, P., Navarrete Gutiérrez, T., & Igos, E. (2022). Agent-based modelling to simulate farmers' sustainable decisions: Farmers' interaction and resulting green consciousness evolution. *Journal of Cleaner Production*, *332*(December 2021), 129847. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.129847>
- Mena-Mejía, S. A., Muyulema-Allaica, J. C., Bermeo-García, M. V., & Reyes-Soriano, F. E. (2022). La norma ISO 45001:2018 y la reducción de accidentabilidad en empresas resilientes. Una revisión sistemática. *AlfaPublicaciones*, *4*(3.1), 187–213. <https://doi.org/10.33262/ap.v4i3.1.247>
- Mendoza-Cuzme, L. J., Machuca-Avalos, M. P., & López-Pallo, R. E. (2021). Procedimientos metodológicos en el diseño de prototipos de controladores de temperatura y velocidad en dispositivos manuales. *Polo Del Conocimiento*, *6*(8), 1216–1235. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i9>
- MIPRO. (2022). *Ministerio de Producción Comercio Exterior Inversiones y Pesca*. [https://www.normalizacion.gob.ec/mipymes-y-organizaciones-de-economia-popular-y-solidaria-son-una-pieza-clave-para-la-economia-del-pais/#:~:text=Microempresa%3A Aquella unidad productiva que,los Estados Unidos de América.](https://www.normalizacion.gob.ec/mipymes-y-organizaciones-de-economia-popular-y-solidaria-son-una-pieza-clave-para-la-economia-del-pais/#:~:text=Microempresa%3A%20Aquella%20unidad%20productiva%20que,los%20Estados%20Unidos%20de%20América.)

- Muyulema-Allaica, J. C. (2018a). Industrial ecology and the circular economy. Current challenges to the development of basic industries in Ecuador. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, *N° 2*, 53(2007–7890), 1–15. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v16i2.44>
- Muyulema-Allaica, J. C. (2018b). Industrial ecology and the circular economy. Current challenges to the development of basic industries in Ecuador. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores*, 2007–7890, 33–38. <https://doi.org/10.46377/dilemas.v16i2.44>
- Naciones Unidas. (2021). *Noticias ONU*. Mirada Global Historias Humanas. <https://news.un.org/es/story/2021/03/1490082>
- Naranjo-Hernández, Y., Ávila-Sánchez, M., & Concepción-Pacheco, J. (2018). Las estrategias como herramienta en el desarrollo científico de enfermería. *Infomed*, *22*(4), 564–580. <http://revistaamc.sld.cu/index.php/amc/article/view/5595/3184>
- Navarrete, M. S., Constanza, A., & Bachelet, V. C. (2022). Respondent-driven sampling: ventajas e inconvenientes de un método de muestreo. *Medwave*, *21*(1), e8513. <https://doi.org/10.5867/medwave.2022.01.002528>
- Noboa-Benavides, E. S., Rugél-Jordán, S. D., & Coral-Apolo, G. E. (2022). Roxana Vanessa Flores Sarmiento. *Polo Del Conocimiento*, *7*(8), 625–640. <https://doi.org/10.23857/pc.v7i8>
- Ochoa-Sangrador, C. (2019). *Diseño y análisis en investigación* (A. Alcocer (ed.)). International Marketing & Communication, S.A. https://www.aepap.org/sites/default/files/documento/archivos-adjuntos/artl_2019_libro_diseno_y_analisis_de_investigacion.pdf
- Oliveros, H. (2015). La heterogeneidad en los metaanálisis, ¿es nuestra mejor aliada? *Revista Colombiana de Anestesiología*, *3*(3), 176–178. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.rca.2015.05.002>
- ONUDI. (2017). Desarrollo de Parques Industriales Sostenibles en los países de América Latina y Caribe. *Organización de Las Naciones Unidas Para El Desarrollo Industrial*, *0*, 47. <https://lacamara.pe/cesar-barahona-peru-tiene->

potencial-en-parques-eco-industriales/

- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *International Journal of Morphology*, 35(1), 227–232. <https://doi.org/10.4067/S0717-95022017000100037>
- Pavón, J., Arroyo, M., Hassan, S., & Sansores, C. (2006). Simulación de sistemas sociales con agentes software. *Una Perspectiva de La Inteligencia Artificial En Su 50 Aniversario.*, I, 389 – 400.
- Pavón, J., Galán, M. J., & Paredes-Lopez, A. (2012). Modelado basado en agentes para el estudio de sistemas complejos. *Novática*, 218(February 2015), 13–18. http://www.academia.edu/download/30879882/MODELADO_BASADO_EN_AGENTES_novatica-12.pdf
- Pellicer-Jordá, M. T. (2013). La importancia de la tecnología para el ámbito de la comunicación. *Ilu*, 18(2013), 481–489. https://doi.org/10.5209/rev_HICS.2013.v18.43982
- Pietrulla, F., & Frankenberger, K. (2022). A research model for circular business models—Antecedents, moderators, and outcomes. *Sustainable Futures*, 4(March), 100084. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2022.100084>
- Pineda-Quintero, A., & Molero de Cabeza, L. (2016). Propuesta de un modelo emergente y dual para la comunicación tecnocientífica pública. *Quórum Académico*, 13(2), 177–199. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=199049881003>
- Porcelli, A. M., & Martínez, A. N. (2018). Análisis legislativo del paradigma de la economía circular. *Revista Direito GV*, 14(3), 1067–1105. <https://doi.org/10.1590/2317-6172201840>
- Pucha-Medina, P. M., Muyulema-Allaica, J. C., Burgos-Arcos, C. L., & Buenaño-Buenaño, E. N. (2019). Gestión de la calidad como estructura del desempeño operacional en el sector Cooperativo Financiero del segmento cinco de la provincia de Chimborazo. *Revista Dilemas Contemporáneos: Educación, Política y Valores.*, VI(2), 5–10.

<https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticaayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/849/992>

Puentes-Cociña, B. (2018). ¿España Circular 2030? Comentario al borrador de la estrategia española de economía circular. *Revista Catalana de Dret Ambiental*, 9(2), 1–39. <https://doi.org/10.17345/rcda2445>

Quezada, J. M. (2020). *La Economía Circular en el Ecuador*. Universidad Del Azuay. <https://www.uazuay.edu.ec/corresponsales-noticias/la-economia-circular-en-ecuador>

Raimbault, J., Broereb, J., Somveillec, M., Sernad, J. M., Strombome, E., Mooref, C., Zhug, B., & Sugarh, L. (2020). A spatial agent based model for simulating and optimizing networked eco-industrial systems. *Resources, Conservation and Recycling*, 155(January). <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.104538>

Ramos-Galarza, C. (2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*, 9(3), 1–5. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>

Rand, P. (2013). “El diseño es SIMPLE, por eso es tan COMPLICADO”. <http://cidecame.uaeh.edu.mx/lcc/mapa/PROYECTO/libro10/index.html>

Recalde, M. C., Delgado, M. S., Coral-Carrillo, K., Gallegos, W., & Llénez-Cedeño, E. (2020). Eficiencia energética e industrial en el ecodiseño de empaque de abono orgánico. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 21(1), 10–30. <https://www.redalyc.org/journal/813/81363356003/81363356003.pdf>

Ridaura, G. (2020). Economía circular en Ecuador: perspectivas de cumplimiento de los ODS en la era Post COVID-19. *CienciAmérica*, 9(4), 19–26. <https://doi.org/10.33210/ca.v9i4.339>

Schröder, P., Albaladejo, M., Ribas, P., MacEwen, M., & Tilkanen, J. (2020). La economía circular en América Latina y el Caribe. Oportunidades para fomentar la resiliencia. *Chatham House*, 73. <https://www.chathamhouse.org/sites/default/files/2021-01/2021-01-13-spanish-circular-economy-schroder-et-al.pdf>

- Seminario-Vasquez, R. (2012). Métodos numéricos para Ingeniería. *Libro*, 69. <http://disi.unal.edu.co/~lctorress/MetNum/LiMetNu2.pdf>
- Servicio de Rentas Internas (SRI)*. (2022). <https://srienlinea.sri.gob.ec/sri-en-linea/SriRucWeb/ConsultaRuc/Consultas/consultaRuc>
- Sifuentes-Díaz, Y. M. (2022). Simulación del arquetipo desplazamiento de carga de una empresa de desarrollo de software. *Revista Científica*, 1(6), 11–23. <https://revistacientifica.edu.pe/index.php/revistacientifica/article/view/29/85>
- Sociedad Internacional, S. (2010). *Desarrollo socioambiental en Santa Elena, Ecuador*. Línea de Actuación Medioambiente y Soberanía Alimentaria. <https://www.solidaridadsi.org/es/que-hacemos/desarrollo-socioambiental-en-santa-elena-ecuador>
- Superintendencia De Bancos. (2022). *Sistema de Banca privada y pública, informe del sector industrias manufactureras*. https://www.superbancos.gob.ec/estadisticas/portalestudios/wp-content/uploads/sites/4/2022/08/estudio-sectorial-manufactura-jun-22.pdf?fbclid=IwAR3IKTb3aXpj62r9CEEIgtsv_cQNT5IT0luBeL0KMcbUc9ouuywO-RnB-B8
- Superintendencia de Compañías, Valores y Seguros (SCVS)*. (2022). <https://mercadodevalores.supercias.gob.ec/reportes/directorioCompanias.jsf>
- Syahputri, K., Sari, R., Rizkya, I., Tarigan, U., & Agustina. (2021). Simulation of vise production process using FlexSim Software. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1122(1), 012036. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/1122/1/012036>
- Tod, D. (2019). *Los criterios de inclusión y exclusión*. En: *Realización de revisiones sistemáticas en el deporte, el ejercicio y la actividad física*. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12263-8_5
- Torre-Marín, C., Sosa-Granados, R., Rodríguez-Herrera, G., & Robles-Martínez, F. (2009). Ecología industrial y desarrollo sustentable. *Ingeniería*, 13(1), 63–70. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46713055007.pdf>

- Torres, L., Georgina, S., Hidalgo, H., Aurelio, W., Fienco, V., & Grey, V. (2019). Incidencia del crecimiento económico del sector manufacturero sobre el Producto Interno Bruto en Ecuador. *Revista Venezolana de Gerencia*, 24(86), 1315–9984. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=29059356014>
- UNIANDÉS. (2005). Interpolación. *Universidad Andes*, 4, 2–4. <http://www.prof.uniandes.edu.co/~gprieto/classes/compufigs/interpolacion.pdf>
- Vargas-Sánchez, J. J., Jiménez-García, F. N., Toro-Galvis, J. M., & Rodríguez-García, Y. A. (2019). Comparación por simulación de sistemas de manufactura tipo push y pull. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 29(1), 81–94. <https://doi.org/10.18359/rcin.3075>
- Vega-Guerrero, S., Rosales-González, M. F., Salinas-Ruiz, J., Rivera-Yáñez, L., Dublan-Barragán, B. S., Zea-Pérez, J. M., Fuentes-Silva, C., Flores-Rangel, A., & Ortiz-Verdín, A. A. (2021). Economía circular en manufactura. *Innovación y Desarrollo Tecnológico*, 13(4), 479–483. https://iydt.files.wordpress.com/2021/05/2_04_economia-circular-en-manufactura.pdf

ANEXOS

Anexo A: Solicitud dirigida a expertos.

La libertad 15 de Diciembre del 2022

Estimado(a)
Ph.D. Sofia Juanico Martinez
Presente. –

De mi consideración:

Yo, **SELLÁN VERA KATHERINE BEATRIZ**, con cédula de ciudadanía N° **2450219791**, me presento y dirijo a usted respetuosamente detallando lo siguiente:

Actualmente e culminado la malla curricular de la Carrera de Ingeniería Industrial en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena y me encuentro en el desarrollo del Trabajo de Integración Curricular, por este motivo solicito amablemente, se considere la petición de **VALIDACIÓN DE ENCUESTA** con el siguiente tema: **“MODELADO BASADO EN AGENTES PARA COMPROBAR LA VALIDEZ DE UN SISTEMA INDUSTRIAL CIRCULAR EN SANTA ELENA, ECUADOR”**, con interrogantes que se encuentran direccionadas hacia la variable independiente (Modelado basado en agentes) y variable dependiente (Sistema Industrial Circular), cuyo propósito es levantar estadística para la elaboración de un modelado que compruebe la validez de un Sistema Industrial Circular. Concluyendo así con los requisitos para la obtención de mi título profesional.

Agradezco de antemano su consideración y cooperación en la presente investigación.

Atentamente,



Sellán Vera Katherine Beatriz

C.I. 2450219791

Cel. 0983730920

Email: katherine_sellan97@hotmail.com / katherine.sellanvera@upse.edu.ec

Anexo B: Encuesta.



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL



CUESTIONARIO DE UN MODELADO BASADO EN AGENTES PARA COMPROBAR LA VALIDEZ DE UN SISTEMA INDUSTRIAL CIRCULAR EN SANTA ELENA, ECUADOR.

OBJETIVO: Ejecutar un diagnóstico para precisar el Sistema Industrial actual en el sector manufacturero en Santa Elena, Ecuador con la finalidad de proyectar una propuesta de transición direccionada a la sustentabilidad mediante un Sistema Industrial Circular/ Economía Circular.

INDICACIÓN: El cuestionario esta direccionado con fines académicos y se encuentra elaborado con diferentes tipos de preguntas, lea con atención las interrogantes para proceder a marcar la respuesta que considere pertinente. Responder a la encuesta no le tomará mucho tiempo, de antemano se le agradece la atención prestada.

1. **¿Consideraría usted importante participar en un modelo computacional que valide un sistema de desperdicio cero?**

SI ____ NO ____

2. **¿Cree usted que la simulación es una herramienta necesaria para desarrollar nuevos sistemas de manufactura?**

SI ____ NO ____

3. **¿Usted considera que los modelos computacionales simulan el comportamiento real de una manufactura?**

SI ____ NO ____

4. **¿Estima usted importante la aplicación de la tecnología para comprender la interacción entre manufacturas (agentes)?**

SI ____ NO ____

5. **¿Formaría parte de un conjunto de empresas que trabajen bajo una misma filosofía de sostenibilidad mediante el uso de tecnología?**

SI ____ NO ____



6. ¿Cuántos acuerdos o contratos sostiene con recolectores de materiales?

De 0 a 1 ____ De 2 a 3 ____ Mas de 4 ____

7. ¿Distribuye sus desechos hacia otras manufacturas?

SI ____ NO ____

Si su respuesta es SI, especifique a qué tipo de manufactura distribuye

_____.

8. ¿Cuánto es la tonelada de materia prima reciclada que adquiere a diario de otras empresas para producir sus productos?

De 0 a 5 Tn ____ De 5 a 10 Tn ____ Mas de 10 Tn ____

9. En su proceso de manufactura ¿Cuánto es el porcentaje que genera respecto a la reducción de residuos?

De 0% a 14,99% ____ De 15% a 29,99% ____ Mas del 30% ____

10. ¿Cuánto es la tonelada diaria de recuperación de residuos en empaques o fluidos?

De 0 a 5 Tn ____ De 5 a 10 Tn ____ Mas de 10 Tn ____

Anexo C: Validación de encuesta realizada por expertos.

 UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA FACULTAD DE INGENIERÍA CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL		
ASUNTO: VALIDACIÓN DE ENCUESTA POR EXPERTOS		
<p>OPINIÓN: Yo, Sofía Juanico Martínez, con CC 0932862113, requerida por la estudiante de Ingeniería Industrial, SELLÁN VERA, KATERINE BEATRIZ, con CC 2450219791, para evaluar la pertinencia de las preguntas contenidas en un test dirigido a un conjunto de empresas ubicadas en la Provincia de Santa Elena, señalo lo siguiente:</p> <p>1. El día 14/12/2022 se analizaron las preguntas junto a la estudiante —en línea— durante 45 minutos. En ese encuentro se le sugirió el cambio de posición de ciertas preguntas, así como la mejora de redacción en otras.</p> <p>2. El día 15/12/2022 se reciben las modificaciones que se evalúan según metodología sugerida, de lo cual se concluye lo siguiente:</p> <p>a) El título del trabajo no permite comprender el alcance del aporte que la estudiante desea realizar, por lo que se sugiere la mejora en su redacción. b) en general se observa que la estudiante sabe lo que busca al formular las preguntas y que podrá producir un modelo estable y por tanto levantar estadística confiable.</p> <p>En todo.</p>		
FIRMA  SOFÍA JUANICO		
TEMA	METODOLOGÍA DE VALIDACIÓN: ÁBACO DE RÉGNIER	
"MODELADO BASADO EN AGENTES PARA COMPROBAR LA VALIDEZ DE UN SISTEMA INDUSTRIAL CIRCULAR EN SANTA ELENA, ECUADOR"	El Ábaco de Régnier es una técnica con enfoque en comunicación interactiva que utiliza una escala ordinal de colores con datos representativos en una tabla con la finalidad de favorecer la expresión de opiniones y representaciones permitiendo establecer una escala de decisiones (Davezies-Martínez et al., 2022).	
Indicaciones: Realice el proceso de validación de encuesta por expertos mediante la respuesta declarada por escala ordinal de colores que usted considere pertinente bajo metodología Ábaco de Régnier.		RESPUESTA DECLARADA POR ESCALA ORDINAL DE COLORES
Nº	PREGUNTAS	
1	¿Considera usted importante participar en un modelo computacional que valide un sistema de desperdicio cero?	
2	¿Cree usted que la simulación es una herramienta necesaria para diseñar nuevos sistemas de manufactura?	
3	¿Usted considera que los modelos computacionales simulan el comportamiento real de una manufactura?	
4	¿Estima usted importante la aplicación de la tecnología para comprender la interacción entre manufacturas (agentes)?	
5	¿Formaría parte de un conjunto de empresas que trabajen bajo una misma filosofía de sostenibilidad mediante el uso de tecnología?	
6	¿Cuántos acuerdos o contratos sostiene con recolectores de materiales?	
7	¿Distribuye sus desechos hacia otras manufacturas? ¿A qué tipo de manufactura distribuye?	
8	¿Cuánto volumen de materia prima reciclada adquiere a diario de otras empresas para producir sus productos?	
9	En su proceso de manufactura ¿Cuánto es el porcentaje que genera respecto a la reducción de residuos?	
10	¿Cuánto es la tonelada diaria de recuperación de residuos en empaques o fluidos?	
ESCALA ORDINAL DE COLORES		DATOS DEL EXPERTO
	Muy Importante	IDENTIFICACIÓN: SOFÍA JUANICO MARTÍNEZ, CC 0932862113
	Importante	PROFESIÓN: ADMINISTRADORA, EXPERTA EN ENFOQUE DEL MARCO LÓGICO. INVESTIGADORA EN NEUROCIENCIAS COGNITIVAS
	Dado	AÑOS DE EXPERIENCIA: 25 AÑOS
	Poco Importante	TELÉFONO: (097) 99079059 (04) 277 68 92
	Sin Importancia	CORREO: surmisede.ec@gmail.com
	Sin Respuesta	Fecha de Validación: 14 y 15 diciembre de 2022

Anexo D: Tabulación general de la validación por expertos bajo metodología Ábaco de Régnier.

Experto	Inicializa
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

Tema	Genera Cuestionarios
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	

Experto	Tema	Respuesta	Valor
9	01	Muy Importante	5
10	02	Importante	4
11	03	Duda	3
12	04	Poco Importante	2
13	05	Muy Importante	5
14	06	San Respuesta	0
15	07	Muy Importante	5
16	08	Muy Importante	5
17	09	Muy Importante	5
18	10	Muy Importante	5
19	01	Muy Importante	5
20	02	Muy Importante	5
21	03	Muy Importante	5
22	04	Muy Importante	5
23	05	Muy Importante	5
24	06	Poco Importante	2
25	07	Muy Importante	5
26	08	Poco Importante	2
27	09	Importante	4
28	10	Muy Importante	5
29	01	Importante	4
30	02	Muy Importante	5
31	03	Importante	4
32	04	Duda	3
33	05	Muy Importante	5
34	06	Duda	3

Experto	Tema	Respuesta	Valor
Ing. Eduardo Lucín Recalde	05 ¿Formaría parte de un conjunto de empresas que trabajen bajo una misma filosofía de sostenibilidad mediante el uso de tecnología?	Muy importante	5
Ing. Eduardo Lucín Recalde	06 ¿Cuántos acuerdos o contratos sostiene con recolectores de materiales?	Importante	4
Ing. Eduardo Lucín Recalde	07 ¿Distribuye sus desechos hacia otras manufacturas? ¿A qué tipo de manufactura distribuye?	Duda	3
Ing. Eduardo Lucín Recalde	08 ¿Cuánto volumen de materia prima reciclada adquiere a diario de otras empresas para producir sus productos?	Poco importante	2
Ing. Eduardo Lucín Recalde	09 En su proceso de manufactura ¿Cuánto es el porcentaje que genera respecto a la reducción de residuos?	Sin Respuesta	1
Ing. Eduardo Lucín Recalde	10 ¿Cuánto es la tonelada diaria de recuperación de residuos en empaques o flujos?	Sin Respuesta	1
Ing. Richard Muñoz Bravo	01 ¿Consideraría usted importante participar en un modelo computacional que valide un sistema de desperdicio cero?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	02 ¿Usted considera que la simulación es una herramienta necesaria para desarrollar nuevos sistemas de manufactura?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	03 ¿Usted considera que los modelos computacionales simulan el comportamiento real de una manufactura?	Importante	4
Ing. Richard Muñoz Bravo	04 ¿Estima usted importante la aplicación de la tecnología para comprender la interacción entre manufacturas (agentes)?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	05 ¿Formaría parte de un conjunto de empresas que trabajen bajo una misma filosofía de sostenibilidad mediante el uso de tecnología?	Importante	4
Ing. Richard Muñoz Bravo	06 ¿Cuántos acuerdos o contratos sostiene con recolectores de materiales?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	07 ¿Distribuye sus desechos hacia otras manufacturas? ¿A qué tipo de manufactura distribuye?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	08 ¿Cuánto volumen de materia prima reciclada adquiere a diario de otras empresas para producir sus productos?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	09 En su proceso de manufactura ¿Cuánto es el porcentaje que genera respecto a la reducción de residuos?	Importante	4
Ing. Richard Muñoz Bravo	10 ¿Cuánto es la tonelada diaria de recuperación de residuos en empaques o flujos?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	01 ¿Consideraría usted importante participar en un modelo computacional que valide un sistema de desperdicio cero?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	02 ¿Usted considera que la simulación es una herramienta necesaria para desarrollar nuevos sistemas de manufactura?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	03 ¿Usted considera que los modelos computacionales simulan el comportamiento real de una manufactura?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	04 ¿Estima usted importante la aplicación de la tecnología para comprender la interacción entre manufacturas (agentes)?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	05 ¿Formaría parte de un conjunto de empresas que trabajen bajo una misma filosofía de sostenibilidad mediante el uso de tecnología?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	06 ¿Cuántos acuerdos o contratos sostiene con recolectores de materiales?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	07 ¿Distribuye sus desechos hacia otras manufacturas? ¿A qué tipo de manufactura distribuye?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	08 ¿Cuánto volumen de materia prima reciclada adquiere a diario de otras empresas para producir sus productos?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	09 En su proceso de manufactura ¿Cuánto es el porcentaje que genera respecto a la reducción de residuos?	Importante	4
Ing. Gato Lucín Recalde	10 ¿Cuánto es la tonelada diaria de recuperación de residuos en empaques o flujos?	Muy importante	5

Experto	Tema	Respuesta	Valor
Ing. Eduardo Lucín Recalde	05 ¿Formaría parte de un conjunto de empresas que trabajen bajo una misma filosofía de sostenibilidad mediante el uso de tecnología?	Muy importante	5
Ing. Eduardo Lucín Recalde	06 ¿Cuántos acuerdos o contratos sostiene con recolectores de materiales?	Importante	4
Ing. Eduardo Lucín Recalde	07 ¿Distribuye sus desechos hacia otras manufacturas? ¿A qué tipo de manufactura distribuye?	Duda	3
Ing. Eduardo Lucín Recalde	08 ¿Cuánto volumen de materia prima reciclada adquiere a diario de otras empresas para producir sus productos?	Poco importante	2
Ing. Eduardo Lucín Recalde	09 En su proceso de manufactura ¿Cuánto es el porcentaje que genera respecto a la reducción de residuos?	Sin Respuesta	1
Ing. Eduardo Lucín Recalde	10 ¿Cuánto es la tonelada diaria de recuperación de residuos en empaques o flujos?	Sin Respuesta	1
Ing. Richard Muñoz Bravo	01 ¿Consideraría usted importante participar en un modelo computacional que valide un sistema de desperdicio cero?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	02 ¿Usted considera que la simulación es una herramienta necesaria para desarrollar nuevos sistemas de manufactura?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	03 ¿Usted considera que los modelos computacionales simulan el comportamiento real de una manufactura?	Importante	4
Ing. Richard Muñoz Bravo	04 ¿Estima usted importante la aplicación de la tecnología para comprender la interacción entre manufacturas (agentes)?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	05 ¿Formaría parte de un conjunto de empresas que trabajen bajo una misma filosofía de sostenibilidad mediante el uso de tecnología?	Importante	4
Ing. Richard Muñoz Bravo	06 ¿Cuántos acuerdos o contratos sostiene con recolectores de materiales?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	07 ¿Distribuye sus desechos hacia otras manufacturas? ¿A qué tipo de manufactura distribuye?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	08 ¿Cuánto volumen de materia prima reciclada adquiere a diario de otras empresas para producir sus productos?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	09 En su proceso de manufactura ¿Cuánto es el porcentaje que genera respecto a la reducción de residuos?	Importante	4
Ing. Richard Muñoz Bravo	10 ¿Cuánto es la tonelada diaria de recuperación de residuos en empaques o flujos?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	01 ¿Consideraría usted importante participar en un modelo computacional que valide un sistema de desperdicio cero?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	02 ¿Usted considera que la simulación es una herramienta necesaria para desarrollar nuevos sistemas de manufactura?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	03 ¿Usted considera que los modelos computacionales simulan el comportamiento real de una manufactura?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	04 ¿Estima usted importante la aplicación de la tecnología para comprender la interacción entre manufacturas (agentes)?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	05 ¿Formaría parte de un conjunto de empresas que trabajen bajo una misma filosofía de sostenibilidad mediante el uso de tecnología?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	06 ¿Cuántos acuerdos o contratos sostiene con recolectores de materiales?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	07 ¿Distribuye sus desechos hacia otras manufacturas? ¿A qué tipo de manufactura distribuye?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	08 ¿Cuánto volumen de materia prima reciclada adquiere a diario de otras empresas para producir sus productos?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	09 En su proceso de manufactura ¿Cuánto es el porcentaje que genera respecto a la reducción de residuos?	Importante	4
Ing. Gato Lucín Recalde	10 ¿Cuánto es la tonelada diaria de recuperación de residuos en empaques o flujos?	Muy importante	5

Experto	Tema	Respuesta	Valor
Ph.D. Sofía Juvenio Méndez	01 ¿Consideraría usted importante participar en un modelo computacional que valide un sistema de desperdicio cero?	Muy importante	5
Mjtr. Byron Rocha Nieto	02 ¿Usted considera que la simulación es una herramienta necesaria para desarrollar nuevos sistemas de manufactura?	Muy importante	5
Ing. Eduardo Lucín Recalde	03 ¿Usted considera que los modelos computacionales simulan el comportamiento real de una manufactura?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	04 ¿Estima usted importante la aplicación de la tecnología para comprender la interacción entre manufacturas (agentes)?	Muy importante	5
Ing. Gato Lucín Recalde	05 ¿Formaría parte de un conjunto de empresas que trabajen bajo una misma filosofía de sostenibilidad mediante el uso de tecnología?	Muy importante	5
Ph.D. Sofía Juvenio Méndez	06 ¿Cuántos acuerdos o contratos sostiene con recolectores de materiales?	Muy importante	5
Mjtr. Byron Rocha Nieto	07 ¿Distribuye sus desechos hacia otras manufacturas? ¿A qué tipo de manufactura distribuye?	Muy importante	5
Ing. Eduardo Lucín Recalde	08 ¿Cuánto volumen de materia prima reciclada adquiere a diario de otras empresas para producir sus productos?	Muy importante	5
Ing. Richard Muñoz Bravo	09 En su proceso de manufactura ¿Cuánto es el porcentaje que genera respecto a la reducción de residuos?	Importante	4
Ing. Gato Lucín Recalde	10 ¿Cuánto es la tonelada diaria de recuperación de residuos en empaques o flujos?	Muy importante	5

Anexo E: Solicitud para realizar encuesta a manufacturas de Santa Elena.

La libertad 20 de Diciembre del 2022

Estimado(a)
Jefe encargado de manufactura legalizada activa.
Presente. –

De mi consideración:

Yo, **SELLÁN VERA KATHERINE BEATRIZ**, con cédula de ciudadanía N° **2450219791**, me presento y dirijo a usted respetuosamente detallando lo siguiente:

Actualmente e culminado la malla curricular de la Carrera de Ingeniería Industrial en la Facultad de Ingeniería de la Universidad Estatal Península de Santa Elena y me encuentro en el desarrollo del Trabajo de Integración Curricular, por este motivo solicito amablemente, se considere la petición de **RESPONDER A ENCUESTA** con el siguiente tema: **“MODELADO BASADO EN AGENTES PARA COMPROBAR LA VALIDEZ DE UN SISTEMA INDUSTRIAL CIRCULAR EN SANTA ELENA, ECUADOR”**, con interrogantes que se encuentran direccionadas hacia la variable independiente (Modelado basado en agentes) y variable dependiente (Sistema Industrial Circular), cuyo propósito es levantar estadística para la elaboración de un modelado que compruebe la validez de un Sistema Industrial Circular. Concluyendo así con los requisitos para la obtención de mi título profesional.

Agradezco de antemano su consideración y cooperación en la presente investigación.

Atentamente,



Sellán Vera Katherine Beatriz

C.I. 2450219791

CeL. 0983730920

Email: katherine_sellan97@hotmail.com / katherine.sellanvera@upsc.edu.ec

Anexo F: Demostración del acopio de datos.





Anexo G: Tabulación de datos en software IBM SPSS Statistics 25.

Sellan encuesta.sav [ConjuntoDatos] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

	Nombre	Tipo	Anchura	Decimales	Etiqueta	Valores	Perdidos	Columnas	Alineación	Medida	Rol
1	P1	Númerico	8	0	1_¿Consideraría...	{1, SI}...	Ninguno	8	≡ Derecha	Nominal	Entrada
2	P2	Númerico	8	0	2_¿Cree usted ...	{1, SI}...	Ninguno	8	≡ Derecha	Nominal	Entrada
3	P3	Númerico	8	0	3_¿Usted consi...	{1, SI}...	Ninguno	8	≡ Derecha	Nominal	Entrada
4	P4	Númerico	8	0	4_¿Estima uste...	{1, SI}...	Ninguno	8	≡ Derecha	Nominal	Entrada
5	P5	Númerico	8	0	5_¿Formaría pa...	{1, SI}...	Ninguno	8	≡ Derecha	Nominal	Entrada
6	P6	Númerico	8	0	6_¿Cuántos ac...	{1, Mas de ...	Ninguno	8	≡ Derecha	Ordinal	Entrada
7	P7	Númerico	8	0	7_¿Distribuye s...	{1, SI}...	Ninguno	8	≡ Derecha	Nominal	Entrada
8	P7.1	Númerico	8	0	7.1. Si su resp...	{1, Reciclad...	Ninguno	8	≡ Derecha	Ordinal	Entrada
9	P8	Númerico	8	0	8_¿Cuánto es l...	{1, Mas de ...	Ninguno	8	≡ Derecha	Ordinal	Entrada
10	P9	Númerico	8	0	9 En su proces...	{1, Mas del ...	Ninguno	8	≡ Derecha	Ordinal	Entrada
11	P10	Númerico	8	0	10_¿Cuánto es ...	{1, Mas de ...	Ninguno	8	≡ Derecha	Ordinal	Entrada
12											
13											
14											
15											
16											
17											
18											
19											
20											

Sellan encuesta.sav [ConjuntoDatos] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Visible: 11 de 11 variables

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P7.1	P8	P9	P10	var	var	var	var	var
1	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Reciclador...	Mas de 10 ...	Mas del 30...	De 0 a 5 Tn					
2	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Reciclador...	De 0 a 5 Tn	De 15% a ...	De 0 a 5 Tn					
3	SI	SI	SI	SI	SI	Mas de 4	NO	Ninguna	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
4	SI	SI	SI	SI	SI	Mas de 4	NO	Ninguna	Mas de 10 ...	Mas del 30...	De 0 a 5 Tn					
5	NO	NO	NO	NO	SI	De 2 a 3	SI	Reciclador...	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
6	NO	NO	NO	NO	SI	Mas de 4	SI	Reciclador...	Mas de 10 ...	Mas del 30...	Mas de 10 ...					
7	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
8	NO	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
9	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
10	SI	SI	SI	SI	SI	Mas de 4	SI	Reciclador...	Mas de 10 ...	Mas del 30...	Mas de 10 ...					
11	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
12	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
13	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
14	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
15	SI	SI	SI	SI	SI	Mas de 4	SI	Reciclador...	Mas de 10 ...	Mas del 30...	Mas de 10 ...					
16	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 15% a ...	De 0 a 5 Tn					
17	SI	SI	SI	SI	SI	Mas de 4	SI	Reciclador...	De 5 a 10 Tn	Mas del 30...	De 0 a 5 Tn					
18	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
19	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 15% a ...	De 0 a 5 Tn					
20	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
21	SI	SI	SI	SI	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
22	NO	NO	NO	NO	SI	De 2 a 3	SI	Harineras	De 0 a 5 Tn	De 0% a 1...	De 0 a 5 Tn					
23	SI	SI	SI	SI	SI	Mas de 4	SI	Reciclador...	Mas de 10 ...	Mas del 30...	De 0 a 5 Tn					

Vista de datos Vista de variables

Etiquetas de valor

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode ON

Sellan encuesta.sav [ConjuntoDatos] - IBM SPSS Statistics Editor de datos

Archivo Editar Ver Datos Transformar Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Visible: 11 de 11 variables

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P7.1	P8	P9	P10	var	var	var	var	var
58	1	1	1	1	1	2	1	2	3	3	3					
59	2	2	2	2	2	2	1	2	3	3	3					
60	1	1	1	1	1	2	1	2	3	3	3					
61	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
62	1	1	1	1	1	2	1	2	3	3	3					
63	2	2	2	2	2	2	1	2	3	3	3					
64	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
65	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
66	2	2	2	2	2	2	1	2	3	3	3					
67	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	3					
68	1	1	1	1	1	2	1	2	3	3	3					
69	1	1	1	1	1	2	1	2	3	3	3					
70	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
71	1	1	1	1	1	1	1	2	3	2	3					
72	1	1	1	1	1	2	1	2	3	3	3					
73	1	1	1	1	1	2	1	2	3	2	3					
74	1	1	1	1	1	2	1	2	3	3	3					
75	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
76	1	1	1	1	1	2	1	2	3	2	3					
77	2	2	2	2	2	2	1	2	3	3	3					
78	1	1	1	1	1	2	1	2	3	3	3					
79	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1					
80	2	2	2	2	2	2	1	2	3	3	3					

Vista de datos Vista de variables

IBM SPSS Statistics Processor está listo Unicode ON

Anexo H: Fiabilidad Alfa de Cronbach.

IBM SPSS Statistics Visor - Documento1

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Resultado
 Registro
 Fiabilidad
 Título
 Notas
 Conjunto de datos
 Escala: ALL VARI/

/SUMMARY=TOTAL.

Fiabilidad

[ConjuntoDatos1] C:\Users\HP\Downloads\Sellian encuesta.sav

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	80	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	80	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,922	6

Estadísticas de total de elemento

Media de Varianza de Correlación Alfa de Cronbach si

IBM SPSS Statistics Visor - Documento2

Archivo Editar Ver Datos Transformar Insertar Formato Analizar Gráficos Utilidades Ampliaciones Ventana Ayuda

Resultado
 Registro
 Fiabilidad
 Título
 Notas
 Conjunto de datos
 Escala: ALL VARI/

/SCALE('ALL VARIABLES') ALL
 /MODEL=ALPHA
 /SUMMARY=TOTAL.

Fiabilidad

[ConjuntoDatos1] C:\Users\HP\Downloads\Sellian encuesta.sav

Escala: ALL VARIABLES

Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	80	100,0
	Excluido ^a	0	,0
	Total	80	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	N de elementos
,923	5

Estadísticas de total de elemento

Media de Varianza de Correlación Alfa de Cronbach si

Anexo I: Tabla de Fisher.

Tabla 5. VALORES F DE LA DISTRIBUCIÓN F DE FISHER

$1 - \alpha = 0.95$ v_1 = grados de libertad del numerador
 $1 - \alpha = P (F \leq f_{\alpha, v_1, v_2})$ v_2 = grados de libertad del denominador

$v_2 \backslash v_1$	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	161.446	199.499	215.707	224.583	230.160	233.988	236.767	238.884	240.543	241.882	242.961	243.905	244.690	245.363	245.949	246.466	246.917	247.324	247.688	248.016
2	18.513	19.000	19.164	19.247	19.296	19.329	19.353	19.371	19.385	19.396	19.405	19.412	19.419	19.424	19.429	19.433	19.437	19.440	19.443	19.446
3	10.128	9.552	9.277	9.117	9.013	8.941	8.887	8.845	8.812	8.785	8.763	8.745	8.729	8.715	8.703	8.692	8.683	8.675	8.667	8.660
4	7.709	6.944	6.591	6.388	6.256	6.163	6.094	6.041	5.999	5.964	5.936	5.912	5.891	5.873	5.858	5.844	5.832	5.821	5.811	5.803
5	6.608	5.786	5.409	5.192	5.050	4.950	4.876	4.818	4.772	4.735	4.704	4.678	4.655	4.636	4.619	4.604	4.590	4.579	4.568	4.558
6	5.987	5.143	4.757	4.534	4.387	4.284	4.207	4.147	4.099	4.060	4.027	4.000	3.978	3.956	3.938	3.922	3.908	3.896	3.884	3.874
7	5.591	4.737	4.347	4.120	3.972	3.866	3.787	3.726	3.677	3.637	3.603	3.575	3.550	3.529	3.511	3.494	3.480	3.467	3.455	3.445
8	5.318	4.459	4.066	3.838	3.688	3.581	3.500	3.438	3.388	3.347	3.313	3.284	3.259	3.237	3.218	3.202	3.187	3.173	3.161	3.150
9	5.117	4.256	3.863	3.633	3.482	3.374	3.293	3.230	3.179	3.137	3.102	3.073	3.048	3.025	3.006	2.989	2.974	2.960	2.948	2.936
10	4.965	4.103	3.708	3.478	3.326	3.217	3.135	3.072	3.020	2.978	2.943	2.913	2.887	2.865	2.845	2.828	2.812	2.798	2.785	2.774
11	4.844	3.982	3.587	3.357	3.204	3.095	3.012	2.948	2.896	2.854	2.818	2.788	2.761	2.739	2.719	2.701	2.685	2.671	2.658	2.646
12	4.747	3.885	3.490	3.259	3.106	2.996	2.913	2.849	2.796	2.753	2.717	2.687	2.660	2.637	2.617	2.599	2.583	2.568	2.555	2.544
13	4.667	3.806	3.411	3.179	3.025	2.915	2.832	2.767	2.714	2.671	2.635	2.604	2.577	2.554	2.533	2.515	2.499	2.484	2.471	2.459
14	4.600	3.739	3.344	3.112	2.958	2.848	2.764	2.699	2.646	2.602	2.565	2.534	2.507	2.484	2.463	2.445	2.428	2.413	2.400	2.388
15	4.543	3.682	3.287	3.056	2.901	2.790	2.707	2.641	2.588	2.544	2.507	2.475	2.448	2.424	2.403	2.385	2.368	2.353	2.340	2.328
16	4.494	3.634	3.239	3.007	2.852	2.741	2.657	2.591	2.538	2.494	2.456	2.423	2.397	2.373	2.352	2.333	2.317	2.302	2.288	2.276
17	4.451	3.592	3.197	2.965	2.810	2.699	2.614	2.548	2.494	2.450	2.413	2.381	2.353	2.329	2.308	2.289	2.272	2.257	2.243	2.230
18	4.414	3.555	3.160	2.928	2.773	2.661	2.577	2.510	2.456	2.412	2.374	2.342	2.314	2.290	2.269	2.250	2.233	2.217	2.203	2.191
19	4.381	3.522	3.127	2.895	2.740	2.628	2.544	2.477	2.423	2.378	2.340	2.308	2.280	2.256	2.234	2.215	2.198	2.182	2.168	2.155
20	4.351	3.493	3.098	2.866	2.711	2.599	2.514	2.447	2.393	2.348	2.310	2.278	2.250	2.225	2.203	2.184	2.167	2.151	2.137	2.124
21	4.325	3.467	3.072	2.840	2.685	2.573	2.488	2.420	2.366	2.321	2.283	2.250	2.222	2.197	2.176	2.156	2.139	2.123	2.109	2.096
22	4.301	3.443	3.049	2.817	2.661	2.549	2.464	2.397	2.342	2.297	2.259	2.226	2.198	2.173	2.151	2.131	2.114	2.098	2.084	2.071
23	4.279	3.422	3.028	2.796	2.640	2.528	2.442	2.375	2.320	2.275	2.236	2.204	2.175	2.150	2.128	2.108	2.091	2.075	2.061	2.048
24	4.260	3.403	3.009	2.776	2.620	2.508	2.422	2.355	2.300	2.255	2.216	2.183	2.155	2.130	2.108	2.088	2.070	2.054	2.040	2.027
25	4.242	3.385	2.991	2.759	2.603	2.490	2.405	2.337	2.282	2.236	2.198	2.165	2.136	2.111	2.089	2.069	2.051	2.035	2.021	2.007
26	4.225	3.369	2.975	2.743	2.587	2.474	2.388	2.321	2.265	2.220	2.181	2.148	2.119	2.094	2.072	2.052	2.034	2.018	2.003	1.990
27	4.210	3.354	2.960	2.728	2.572	2.459	2.373	2.305	2.250	2.204	2.166	2.132	2.103	2.078	2.056	2.036	2.018	2.002	1.987	1.974
28	4.196	3.340	2.947	2.714	2.558	2.445	2.359	2.291	2.236	2.190	2.151	2.118	2.089	2.064	2.041	2.021	2.003	1.987	1.972	1.959
29	4.183	3.328	2.934	2.701	2.545	2.432	2.346	2.278	2.223	2.177	2.138	2.104	2.075	2.050	2.027	2.007	1.989	1.973	1.958	1.945
30	4.171	3.316	2.922	2.690	2.534	2.421	2.334	2.266	2.211	2.165	2.126	2.092	2.063	2.037	2.015	1.995	1.976	1.960	1.945	1.932
40	4.085	3.232	2.839	2.606	2.449	2.336	2.249	2.180	2.124	2.077	2.038	2.003	1.974	1.948	1.924	1.904	1.885	1.868	1.853	1.839
50	4.034	3.183	2.790	2.557	2.400	2.286	2.199	2.130	2.073	2.026	1.986	1.952	1.921	1.895	1.871	1.850	1.831	1.814	1.798	1.784
60	4.001	3.150	2.758	2.525	2.368	2.254	2.167	2.097	2.040	1.993	1.952	1.917	1.887	1.860	1.836	1.815	1.796	1.778	1.763	1.748
70	3.978	3.128	2.736	2.503	2.346	2.231	2.143	2.074	2.017	1.969	1.928	1.893	1.863	1.836	1.812	1.790	1.771	1.753	1.737	1.722
80	3.960	3.111	2.719	2.486	2.329	2.214	2.126	2.056	1.999	1.951	1.910	1.875	1.845	1.817	1.793	1.772	1.752	1.734	1.718	1.703
90	3.947	3.098	2.706	2.473	2.316	2.201	2.113	2.043	1.986	1.938	1.897	1.861	1.830	1.803	1.779	1.757	1.737	1.720	1.703	1.688
100	3.936	3.087	2.696	2.463	2.305	2.191	2.103	2.032	1.975	1.927	1.886	1.850	1.819	1.792	1.768	1.746	1.726	1.708	1.691	1.676
200	3.888	3.041	2.650	2.417	2.259	2.144	2.056	1.985	1.927	1.878	1.837	1.801	1.769	1.742	1.717	1.694	1.674	1.656	1.639	1.623
500	3.860	3.014	2.623	2.390	2.232	2.117	2.028	1.957	1.899	1.850	1.808	1.772	1.740	1.712	1.686	1.664	1.643	1.625	1.607	1.592
1000	3.851	3.005	2.614	2.381	2.223	2.108	2.019	1.948	1.889	1.840	1.798	1.762	1.730	1.702	1.676	1.654	1.633	1.614	1.597	1.581

Elaborada por Irene Patricia Valdez y Alfaro.

Anexo J: Panel de trabajo del Software FlexSim.

