

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## **MASTER-IA**

### **Guía Metodológica para la Utilización de Inteligencia Artificial en la Masterización de Audio en la Música**

Por:

David Quirós Betancur

Trabajo de grado para optar al título de profesional en Artes de la Grabación y Producción Musical

Facultad de Artes y Humanidades


Artes de la Grabación y Producción Musical



Institución Universitaria

Medellín, Colombia

2025

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## **MASTER-IA**

### **Guía Metodológica para la Utilización de Inteligencia Artificial en la Masterización de Audio en la Música**

Por:

David Quirós Betancur

Asesor: Oscar Cardoso Guzmán

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero que nada a mis padres, Liliam y Elkin, quienes no solo sirvieron como correctores de estilo de este trabajo, además siempre apoyaron mi carrera y creyeron en mí. Muchas gracias por inculcarme la duda como base del aprendizaje y enseñarme el valor del conocimiento.

A mi abuela, Mirian, porque, aunque nunca entendió lo que hacía, nunca dejó de preocuparse porque sacara adelante mi carrera, que me despertara temprano para estudiar y que no me faltara el almuerzo empacado.

A mi hermanita, Luciana, y a mi segunda madre, Carolina, por estar sin falta cuando más las he necesitado y elegir ser mi familia.

A mi padrastro, Rafael, por sus siempre valiosos aportes personales y académicos.

A mi pareja, Sara, por acompañarme a lo largo de todo el pregrado, brindarme su amor incondicional, apoyar cada idea loca que tengo y ayudarme a que la guía fuera más que un documento en un repositorio, con la versión web de Master-IA.

A mi asesor, Óscar Cardoso, por guiarme en la construcción de este trabajo y convertirlo en algo que hoy me enorgullece.

A mis maestros dentro y fuera del ITM: Henry Borrero, Marcelo Navia, Jorge Valencia, Daniel Marín, Rafael Otálora, Freddie Alzate, Jose David Bedoya, Pipe Londoño, Sebastián Lopera, Juan David Manco, Juan Pablo Hormiga y Julián Brijaldo, porque su disposición y pasión por enseñar me han dado las bases para ser un profesional integral.

A mi familia y amigos, que han estado presentes en distintos momentos del proceso y me han tendido su mano, gracias por acompañarme en este camino.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

*En memoria de Matilde Lizarazo*

*Se creció tu trapichito, abuela*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS .....	3
TABLA DE CONTENIDO .....	5
RESUMEN .....	7
Objetivo General .....	8
Objetivos Específicos .....	8
INTRODUCCIÓN .....	9
PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA .....	11
Justificación .....	13
ANTECEDENTES .....	14
La inteligencia humana y la inteligencia artificial .....	14
Música creada con inteligencia artificial .....	19
La inteligencia artificial en la masterización de audio .....	25
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN .....	29
MARCO TEÓRICO .....	30
Una exploración del significado de la inteligencia artificial .....	30
El (des)encuentro entre la mente y la máquina .....	31
Desentrañando el concepto de masterización .....	33
Máquinas masterizando música humana .....	35
DESARROLLO METODOLÓGICO .....	37
Fase 1 .....	37
Fase 2 .....	40
BAKUAGE .....	41
BANDLAB .....	46
MASTERING.STUDIO .....	49
LANDR .....	52
OZONE 11 ADVANCED .....	54
Fase 3 .....	56
RESULTADOS Y ANÁLISIS .....	57

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

CONCLUSIONES..... 60

BIBLIOGRAFÍA..... 62

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## RESUMEN

La civilización está en constante transformación, y en los últimos tiempos la humanidad ha sido testigo de cómo la inteligencia artificial (IA) se ha integrado en la vida cotidiana. Esto ha generado debates éticos y filosóficos sobre la autenticidad de los resultados obtenidos mediante IA, así como sobre el desplazamiento del trabajo humano por tecnologías que prometen ser más eficientes y económicas.

En el ámbito musical, la incorporación de IA en los distintos procesos técnicos y creativos de la cadena de producción es cada vez más común, llegando incluso a realizarse concursos internacionales que premian e incentivan su uso. Esto plantea una discusión crucial dentro de la producción musical, especialmente en la etapa de masterización, donde el uso de IA ha mostrado un alto grado de automatización. Esto ha generado reflexiones sobre el impacto de estas tecnologías en el rol del ingeniero de masterización.

Este trabajo desarrolló una guía metodológica para el uso de IA en el proceso de masterización de audio. Mediante un enfoque documental cualitativo y experimental cuantitativo, se investigaron las capacidades y limitaciones de estas herramientas, con el objetivo de proporcionar a la comunidad profesional hispanohablante, y a la comunidad educativa del ITM, un recurso práctico para comprender y evaluar el impacto de la IA en la masterización de audio.

**Palabras clave:** Masterización de Audio – Inteligencia Artificial – Posproducción de Audio – Guía Metodológica

**Keywords:** Audio Mastering – Artificial Intelligence – Audio Post-production – Methodological Guide

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

### ***Objetivo General***

Comprender el potencial de la inteligencia artificial aplicada a la masterización de audio en la música, mediante la creación de una guía metodológica que permita identificar y evaluar sus capacidades y limitaciones en relación con las tareas esenciales en este campo.

### ***Objetivos Específicos***

- Analizar referentes sobre el estudio de la masterización de audio, enfatizando en las funciones esenciales que debe cumplir un ingeniero de masterización para llevar a cabo su trabajo de manera óptima.
- Identificar herramientas de inteligencia artificial a través de la web, con el fin de seleccionar aquellas aplicables a los procesos de masterización de acuerdo con su potencial para cumplir funciones clave en esta etapa de posproducción de audio en la música
- Desarrollar laboratorios de experimentación con las IA seleccionadas, utilizando los referentes teóricos como guía para evaluar sus capacidades.
- Sistematizar los resultados obtenidos en los laboratorios, integrándolos en una guía metodológica que documente las funciones específicas que cada inteligencia artificial cumple y ofrezca recomendaciones prácticas para su uso en el proceso de masterización de audio en la música.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## INTRODUCCIÓN

La inteligencia artificial ha experimentado una rápida popularización en diversos sectores durante los últimos años, y la industria musical no ha sido ajena a esta situación. En este contexto, este trabajo desarrolla una guía metodológica para evaluar cómo las herramientas de IA para masterización de audio en la música pueden complementar el trabajo humano, mediante un análisis detallado de sus capacidades y limitaciones a través de laboratorios experimentales, ya que se ha vuelto crucial que los profesionales de la producción musical, así como los distintos actores involucrados en los procesos de creación y distribución de la música, comprendan las posibilidades que ofrecen estas tecnologías. De igual forma, es fundamental fomentar el desarrollo de estrategias para su implementación, manteniendo una mirada crítica sobre sus limitaciones inherentes.

Este trabajo busca además analizar cómo la integración de IA en la masterización de música puede influir en el equilibrio entre la innovación tecnológica y las habilidades técnicas y creativas que aporta el factor humano, permitiendo una colaboración armónica que optimice los resultados en el proceso de producción musical contemporáneo. Este análisis busca no solo explorar las ventajas y desafíos que involucran la llegada de la inteligencia artificial a la industria musical, sino también promover una reflexión sobre el papel de la tecnología en la creatividad y la calidad sonora, entendiendo que estos aspectos impactan directamente en la industria y en la experiencia auditiva de los consumidores, en un entorno cada vez más digitalizado y automatizado.

El presente trabajo de grado se estructura de la siguiente manera: en primer lugar, se presenta el estado de desarrollo tecnológico actual de la IA en la producción musical, con especial

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

énfasis en la masterización de audio. Posteriormente se desarrolla una revisión de antecedentes que, desde tres (3) ejes temáticos principales, configura un estado del arte que medita alrededor de la utilización de las inteligencias artificiales en la vida humana. El trabajo continuo con la metodología de la investigación, la cual integra un enfoque documental cualitativo con análisis experimental cuantitativo. Luego, se presenta un marco teórico que da contexto y soporte a tanto las IA como a la masterización de audio, además de su interacción con el quehacer humano. Finalmente, se presenta la metodología de implementación que consistió tres (3) fases de trabajo: primero, el análisis documental e identificación de herramientas IA, segundo, la experimentación con algunas de estas herramientas, y, finalmente, la elaboración de la guía metodológica de acceso web, accesible mediante el enlace <https://masteriaguia.my.canva.site/masteria>, como recurso práctico para profesionales hispanohablantes.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## PLANTEAMIENTO DE LA PROPUESTA

Históricamente, las profesiones han experimentado cambios significativos debido a la constante evolución tecnológica. Una de las transformaciones más populares en los últimos años es la inteligencia artificial (IA), la cual se ha abierto al público general a través de sistemas como *ChatGPT* o *Dalle-E*, donde el usuario puede comunicarse a través de lenguaje natural y estos generan texto o imágenes, respectivamente, basados en modelos de aprendizaje automático entrenados con grandes volúmenes de datos (OpenAI, 2023; Betker et al., s.f.). Esto ha generado importantes cuestionamientos sobre si la IA pudiese llegar a reemplazar el trabajo que hoy hace un ser humano, especialmente en el mercado de servicios, puesto que facilita numerosas tareas a un costo relativamente bajo (Huang & Rust, 2018). La industria musical no es la excepción a esta realidad, existiendo casos significativos de aplicación de las IA, como la canción *Heart on My Sleeve*, creada por el compositor y productor de seudónimo Ghostwriter, quien utilizó IA para reemplazar sus voces grabadas por las de los cantantes Drake y The Weeknd, lo que llevó a su retiro de plataformas debido a conflictos legales<sup>1</sup>. Otro ejemplo destacado es el concurso internacional *AI Song Contest*, que premia cada año la mejor canción creada utilizando inteligencia artificial.<sup>2</sup>

Esta incorporación de la IA en diversas etapas del proceso de producción musical, desde la preproducción hasta la posproducción, ha generado un intenso debate sobre su impacto en la

---

<sup>1</sup> La canción se hizo viral en el año 2023 en las redes sociales, al ser compuesta e interpretada por un humano, la Academia de la Grabación llegó a considerarla elegible para una nominación en los Grammy; no obstante, se descartó esta posibilidad poco tiempo después (Robinson, 2023).

<sup>2</sup> El concurso lleva 4 versiones entre los años 2020 a 2023 y más de 200 participaciones en total, premia las canciones con base en opiniones de expertos internacionales y votos del público general (AI Song Contest, s.f.).

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

creatividad y la autenticidad artística. Al respecto, en una publicación de Joaquín Vismara (2023) para la revista *Rolling Stones*, Lautaro Barceló afirma que las IA sí son creativas, pero que “las decisiones que toman son probabilísticas, no deterministas. No te van a dar siempre la misma respuesta a algo, vos le podés (sic) hacer cien veces la misma pregunta y te responden cien cosas distintas” (citado por Vismara, 2023, párr. 13). En la misma nota, el reconocido productor argentino Tweety González sostiene lo contrario, argumentando que las IA no son creativas y dependen totalmente de la información que recibe del ser humano y de cómo esta les es proporcionada, además, señala que se trata de “música genérica sin ningún tipo de magia” (citado por Vismara, 2023, párr. 15), y que su crecimiento y futura aceptación masiva se debe a lo conformista que puede ser el público. A pesar de estas posturas opuestas, es posible identificar un punto en común: la necesidad de una intervención humana que, en mayor o menor medida, guíe la inteligencia artificial hacia un resultado esperado.

En el ámbito de la postproducción musical, la masterización es el proceso que más ha incorporado herramientas de IA diseñadas para sustituir el trabajo humano. Y es que, a priori, podría considerarse que sus operaciones son altamente estandarizables, y, por ende, factibles de modelar algorítmicamente. No obstante, para un profesional, características como la sensibilidad, la comunicación y la experiencia son indispensables para realizar un trabajo de calidad en este campo. El mercado actual ofrece diversas soluciones de masterización asistida por IA, que van desde herramientas profesionales desarrolladas por líderes del sector, como *Waves o BandLab*, con sus respectivos servicios de masterización en línea (Waves Audio, s.f.; BandLab, s.f.), hasta plataformas que aseguran ser “el único servicio de masterización en línea en el que los mejores

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

ingenieros de estudio y los principales sellos discográficos confían” (Landr, s.f.), y otras más que son de fácil y económico acceso, o incluso gratuitas.

### ***Justificación***

En este contexto, surge la necesidad de comprender cómo las herramientas basadas en inteligencia artificial pueden utilizarse de manera efectiva en el proceso de masterización de audio. Más allá de comparar las capacidades humanas y tecnológicas, este trabajo busca ofrecer un recurso práctico y accesible en español: una guía metodológica que detalle el uso las IA, explorando sus capacidades, limitaciones y aplicaciones prácticas.

Esta guía no solo responde a la carencia de material e investigaciones formales en esta área específica en español, sino que además fortalece a la comunidad educativa del ITM, institución que, al contar con el único programa profesional en producción musical en Medellín, está llamada a liderar la discusión sobre el impacto de estas tecnologías en la industria.

Adicionalmente, al considerar que el mercado de servicios representó entre el 6.9% y el 8.6% del PIB en los países de Latinoamérica y el Caribe entre 2020 y 2022 (Banco Mundial, s.f.), resulta crucial generar documentos de consulta que puedan ayudar a los productores y estudiantes a integrar estas herramientas en sus prácticas profesionales de manera ética y efectiva.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## ANTECEDENTES

Durante la búsqueda de antecedentes, se identificaron tres categorías principales bajo las cuales abordar el análisis. La primera, desde la relación que existe entre la inteligencia humana y la inteligencia artificial, centrándose sobre todo en cómo una pudiese superar o complementar a la otra. La segunda, desde la implementación de la inteligencia artificial para la música, tomando desde el acto de la creación misma, hasta la producción. Finalmente, una última centrada en la utilización de estas tecnologías en la fase de la masterización de audio.

### *La inteligencia humana y la inteligencia artificial*

A continuación, se presentan antecedentes bibliográficos que exploran la relación entre la inteligencia humana y la inteligencia artificial. Los textos seleccionados ofrecen distintas perspectivas que permiten comprender cómo se ha conceptualizado la inteligencia artificial en contraste con las capacidades humanas. Esta revisión permite contextualizar el enfoque de este trabajo frente a los debates contemporáneos sobre el papel de la IA en tareas tradicionalmente reservadas al discernimiento humano.

### **La inteligencia artificial vs la inteligencia humana. Alexander Salazar-Ceballos (2018).**

El autor aborda la evolución biológica de la inteligencia humana y la aparición de una evolución científica en forma de la inteligencia artificial, a través de una crítica directa a la conducta humana, que es guiada muchas veces por la emoción y el interés individual, sin considerar las

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

consecuencias colectivas o a largo plazo. Salazar destaca cómo la inteligencia artificial, al operar bajo principios lógicos y racionales como los propuestos por Asimov, podría asumir decisiones más coherentes y éticas que los humanos, sobre todo en campos como la salud, la educación o el medio ambiente. Concluye que la inteligencia artificial podría desplazar a la inteligencia humana, iniciando con corregir las catástrofes que este ha causado, hasta llegar a un posible futuro donde la inteligencia artificial desempeñe un papel fundamental en la evolución de la raza humana. Aunque su enfoque y conclusiones difieren del propósito de este proyecto, su perspectiva ética resulta útil como marco de referencia para pensar un uso responsable de la IA en cualquier campo, incluida la producción musical.

**Inspired, but not mimicking: a conversation between artificial intelligence and human intelligence. Weijie Zhao (2022).**

Este artículo explora la inteligencia artificial (IA) y su relación con la inteligencia humana (IH), analizando similitudes, diferencias y desafíos éticos. A través de un diálogo entre expertos de diversas disciplinas, como psicología, neurociencia y matemáticas, se discute en un foro las capacidades de la IA, su potencial futuro y cómo ambas inteligencias pueden beneficiarse mutuamente. Se concluye de esto que la IA es una herramienta altamente capaz de comportamientos inteligentes, pero incapaz de reemplazar la complejidad de la inteligencia humana, y que debe usarse a partir de ciertos principios éticos y responsables, esto fundamentado en el hecho de que la IA opera con base en instrucciones programadas por humanos y no puede extender sus capacidades por sí sola. Además, los investigadores coinciden en que la IA carece de

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

metas propias, emociones y comprensión contextual, aspectos esenciales de la cognición humana. Desde esta perspectiva, la IA debe entenderse como una herramienta inspirada en la biología humana pero construida con fines prácticos, cuyo uso ético y responsable es indispensable para evitar riesgos sociales, como la desinformación, la pérdida de empleos o el mal uso de datos personales. Metodológicamente este trabajo resulta el más interesante, pues, al tratarse de un foro, ofrece una visión multidisciplinar que amplía el discurso de manera importante y sus reflexiones encuentran resonancia en el enfoque de este trabajo al priorizar el uso ético y práctico de la IA como herramienta complementaria.

**¿Qué nos hace humanos ante la inteligencia artificial? Javier Sánchez Cañizares (2021).**

Sánchez trata la relación entre la humanidad y la IA, cuestionando la distinción entre lo natural y lo artificial en un contexto tecnológico en constante evolución. Su metodología combina enfoques filosóficos y científicos para analizar cómo la tecnología impacta nuestra percepción de la humanidad y la inteligencia. Concluye que la esencia humana radica en su inespecificidad, siendo esta cualidad lo que nos rige en cómo pensamos y actuamos, argumentando que no podemos programar la creatividad auténtica ni la evolución misma, y que intentar hacerlo sería una extrapolación científica sin fundamento. A diferencia de la IA que se diseña con una función concreta, mediante instrucciones humanas y requiriendo entornos adaptados para operar, y cuando esta no es cumplida pierde su razón de uso. Destaca la importancia de mantener una relación equilibrada con la IA para preservar la esencia humana y reconocer el valor de lo natural en un

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

mundo cada vez más tecnológico. El enfoque filosófico y existencial de este ensayo brinda un nuevo matiz en la discusión. Más allá de lo ético, lo científico o lo técnico, nos invita a reflexionar sobre nuestra esencia misma y qué sucede con ella ante la llegada masiva de estas tecnologías. Aunque su línea argumentativa es distinta a la de este trabajo de grado, contribuye a contextualizar la IA dentro de un debate más amplio sobre su impacto en la condición humana.

### **Artificial Intelligence in Service. Ming-Hui Huang & Roland T. Rust (2018).**

Los autores analizan el impacto de la inteligencia artificial en las industrias de servicios, centrándose en la sustitución de tareas y sus implicaciones para los trabajadores. Para lograr esto, se desarrolla una teoría de reemplazo de trabajos por IA que identifica cuatro tipos de inteligencias necesarias para las tareas de servicio: mecánica, analítica, intuitiva y empática, para luego examinar cómo se daría la progresión de la sustitución de estas tareas por IA, comenzando por las más simples y avanzando hacia las más complejas. El modelo propuesto muestra que esta sustitución ocurre a nivel de tareas específicas y no de empleos completos, lo que obliga a trabajadores y empresas a redefinir su función en el proceso de prestación de servicios. En este sentido, el estudio enfatiza que la única ventaja duradera de los humanos será su capacidad para interactuar de manera empática, creativa y contextual, por lo que concluyen destacando la importancia de adaptarse a esta evolución tecnológica, resaltando la necesidad de potenciar estas habilidades humanas y emocionales para mantener la relevancia en el mercado laboral en un entorno cada vez más automatizado y tecnológico. Esta perspectiva resulta muy pertinente para desarrollar la guía

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

metodológica de este trabajo de grado, ya que se pretende mostrar cómo interactuar con la IA en la masterización de audio como un complemento estratégico centrado en el criterio humano.

**Artificial Intelligence and Strategic Decision-Making: Evidence from Entrepreneurs and Investors. Felipe A. Csaszar, Harsh Ketkar & Hyunjin Kim (2024).**

El objetivo del artículo es explorar cómo la inteligencia artificial (IA), específicamente mediante modelos de lenguaje grandes (LLM's) como GPT-3.5, puede impactar y mejorar los procesos de toma de decisiones estratégicas en las empresas, especialmente en emprendimientos e inversiones. La metodología combina análisis teórico con evidencias empíricas, utilizando datos de programas de aceleración y competiciones de startups, donde se comparan decisiones humanas y generadas por los LLM's en la evaluación y generación de estrategias, observando mejoras en la eficiencia, rapidez y consistencia de las decisiones cuando los participantes utilizaron estas herramientas. Sin embargo, los autores aclaran que este impacto dependerá de factores como el nivel de familiaridad con la herramienta, la calidad de los datos y la competencia en el uso estratégico de la IA. Concluyen en que la IA tiene el potencial de aumentar la velocidad, calidad y escala de las decisiones estratégicas, promoviendo procesos más eficientes y precisos, aunque su impacto final dependerá de cómo evolucione la competencia en el uso de estas tecnologías. Aunque el enfoque es empresarial, sus conclusiones son aplicables al uso de IA en la masterización de audio como herramienta complementaria que optimiza procesos y mejora la precisión.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

**AI Tools In Society: Impacts on Cognitive Offloading and the Future of Critical Thinking. Michael Gerlich (2025).**

El objetivo del artículo es explorar cómo el uso de herramientas de inteligencia artificial (IA) puede afectar las habilidades de pensamiento crítico, especialmente porque las personas tienden a confiar en la IA para hacer parte de su pensamiento. La metodología incluyó encuestas y entrevistas a 666 participantes de diferentes edades y niveles de estudio para analizar cómo usan la IA y cómo esto influye en sus capacidades de reflexionar y analizar, demostrando que, a mayor uso cotidiano de IA para resolver problemas o tomar decisiones, menor es el esfuerzo mental involucrado, lo que debilita la habilidad de cuestionar, contrastar y generar juicios propios. La conclusión señala que, cuanto más se depende de IA, menor suele ser el pensamiento crítico, debido a que externalizan parte de su proceso mental. El autor recomienda estrategias educativas que fomenten el uso consciente y activo de estas herramientas, sin sustituir el proceso reflexivo humano. Este referente resulta relevante para este trabajo de grado porque alerta sobre los riesgos de delegar totalmente el criterio en procesos técnicos, como lo es la masterización de audio.

***Música creada con inteligencia artificial***

En este apartado se recopilan antecedentes que analizan el uso de la inteligencia artificial en la creación musical, abordando tanto implicaciones técnicas como socioculturales y creativas. Estos aportes resultan relevantes para este trabajo, ya que muestran cómo la IA ha empezado a integrarse en diversas etapas de la producción musical, permitiendo entender de forma más

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

completa el contexto en el que también se están desarrollando herramientas aplicadas a la masterización, etapa en la que se enfoca esta investigación.

**Sociocultural and Design Perspectives on AI-Based Music Production: Why Do We Make Music and What Changes if AI Makes It for Us? Oliver Bown (2021).**

Aquí se exploran las perspectivas socioculturales en la música hecha con inteligencia artificial, centrándose en el impacto de la IA en la creación musical y en la sociedad. A partir de un enfoque interdisciplinario que combina la sociología, el diseño y la tecnología para examinar cómo la creatividad, la identidad y las motivaciones humanas influyen en la música, y cómo esto repercute en el diseño de este tipo de herramientas. Concluye que las actuales tecnologías de IA en la música no emplean algoritmos "humanos" de creación musical, careciendo de acciones generativas fundamentadas en gustos, identidad y motivaciones humanas, funcionando solo como generadores predictivos, sin conciencia estética, reflexión, ni evaluación creativa. El autor argumenta que esto limita su capacidad de participar en procesos culturales complejos como la música, donde el contexto social, los valores compartidos y las relaciones simbólicas son esenciales para comprender el significado de una obra. Por ello, Bown propone integrar perspectivas sociológicas y de diseño en el desarrollo de IA musical para crear herramientas que realmente colaboren con los músicos en lugar de intentar sustituirlos. A partir de esta publicación es posible que empecemos a hablar alrededor de cómo la IA puede ser una herramienta complementaria, no como reemplazo, sino como apoyo creativo en procesos de la creatividad humana.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

**Elements of Music Based on Artificial Intelligence. Bo Zhang & Jun Lin (2018).**

Los autores estudian cómo la inteligencia artificial y la tecnología computacional están transformando la música. Combinando teoría musical, psicología y tecnología, planteando como el cálculo musical distingue entre niveles de características musicales (bajas, intermedias y avanzadas), y propone modelos computacionales para procesarlas según su complejidad y función dentro del lenguaje musical. Los resultados destacan la capacidad de este enfoque para capturar con precisión las reglas de la teoría musical y filtrar la información relevante, para replicarla artificialmente, permitiendo diseñar herramientas que mejoran la eficacia de la enseñanza musical, la organización de bases de datos sonoras y la creación musical asistida, al tiempo que optimizan procesos como la edición, el reconocimiento melódico y el análisis estructural. De esta manera demuestran que la implementación de tecnologías musicales es efectiva y competitiva en la industria. Las conclusiones resaltan la importancia de este enfoque para la replicación por parte de tecnologías musicales, así como para la enseñanza y divulgación musical. Este referente es relevante para este trabajo de grado porque demuestra que estas herramientas no solo pueden automatizar procesos musicales, sino también mejorar su calidad, que se alinea con el objetivo de proporcionar una guía metodológica orientada al uso estratégico de IA en la masterización de audio.

**AI's Implications for Production Music. Steve Harvey (2018).**

Harvey explora el impacto de la inteligencia artificial en la industria musical, centrándose en la creación y derechos de autor de estas. Utiliza un enfoque descriptivo y comparativo para

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

analizar diversas plataformas de música generada por IA, como Amper, Xhail y Jukedeck, destacando sus diferencias en calidad y enfoque, así como ejemplos de proyectos desarrollados con herramientas de este tipo, y una pequeña mención a la masterización automatizada mediante IA. El autor combina declaraciones de Andrew Gross, junto a sus explicaciones sobre los diferentes usos de estas tecnologías, para proporcionar una visión interna de cómo se están utilizando y percibiendo en el campo de la producción musical. Se sugiere que, si bien la IA presenta desafíos éticos y de regulación, también ofrece oportunidades para la inspiración creativa y la colaboración entre humanos y máquinas. El enfoque del autor sobre las capacidades tecnológicas del uso de las IA en la producción musical, especialmente en la masterización, acompañado de los matices éticos, legales y creativos que deben estar durante su implementación, complementa la dirección que quiere tomar la guía metodológica al explorar cómo estas tecnologías pueden integrarse responsablemente.

### **What does A.I. mean for your music? (2023).**

El artículo busca reconocer el impacto de la inteligencia artificial en la producción musical, desde la composición hasta la masterización. Se analiza cómo la IA ha evolucionado en este campo, partiendo con la experimentación de compositores como John Cage hasta las plataformas actuales como Aiva y Landr, que utilizan algoritmos de aprendizaje profundo para generar y producir música de alta calidad, planteando que muchas de estas herramientas aprenden de la interacción con el usuario, adaptándose progresivamente a su estilo y preferencias. A diferencia de sistemas totalmente generativos, este tipo de IA funcionan más como asistentes creativos que optimizan

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

tareas técnicas y ofrecen estímulos compositivos, sin desplazar por completo el juicio humano. Además, incluye un repaso histórico del uso de herramientas externas para guiar la creatividad en la cadena de producción, y cómo estas sentaron las bases para la IA actual en la toma de decisiones musicales. Todo esto sin dejar de reconocer la inquietud creciente entre músicos respecto a la automatización de decisiones estéticas, concluyendo en que la capacidad de la IA para revitalizar la creatividad es su principal ventaja, ofreciendo nuevas ideas y posibilidades a los músicos contemporáneos, pero que su constante evolución hace que pueda volverse preocupante a futuro. Este análisis técnico e histórico sobre la evolución de las IAs en la creación y producción musical proporciona un marco valioso para entender el impacto a largo plazo de estas tecnologías en la profesión, resaltando su doble cara: como oportunidad para expandir la creatividad y como posible amenaza a la autoría y la reflexión crítica, lo que enriquece el contexto para la futura elaboración de una guía metodológica que promueva el uso consciente, creativo y ético de herramientas de IA en la masterización de audio.

### **AI Song Contest (s.f).**

Nacida en 2020, se trata de una competencia internacional inspirada en Eurovisión y organizada por Stichting AISC, que explora el uso de la inteligencia artificial en el proceso de composición musical. Cualquier persona puede participar, fomentando la diversidad y la colaboración entre equipos interdisciplinarios de todo el mundo. Las canciones deben ser originales, no superar los 4 minutos de duración y no haber sido publicadas previamente, utilizando cualquier técnica de inteligencia artificial. Los participantes deben presentar un documento técnico

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

describiendo cómo utilizaron la inteligencia artificial y los datos. Los ganadores son seleccionados con una votación pública y de un jurado conformado por expertos internacionales para determinar a los mejores tres participantes. Se trata de un antecedente importante al formalizar, a través de una competencia internacional, la colaboración entre humanos e inteligencias artificiales en la creación musical, ofreciendo un valioso referente para el enfoque de este trabajo.

**Inteligencia artificial y producción artística: el caso de la inteligencia asistida en la creatividad musical. Pablo Gaiazzi (2023).**

Este artículo aborda el uso de la inteligencia artificial en una producción musical, centrándose en la creatividad musical asistida por esta tecnología. Para ello, se analiza cómo la inteligencia artificial puede asistir en el proceso creativo musical, y se discuten sus implicaciones éticas y estéticas, a través de resultados experimentales donde obras generadas con asistencia de IA fueron indistinguibles de obras humanas para ciertos oyentes, evidenciando no solo la capacidad técnica de estas herramientas, sino también su poder expresivo cuando se integran adecuadamente en el flujo creativo. Como conclusión, se destaca el potencial transformador de la inteligencia artificial en la creatividad musical, resaltando la importancia de explorar nuevas formas de colaboración entre humanos y máquinas en el ámbito artístico/musical, sabiendo que esto también plantea desafíos éticos y estéticos que deben ser considerados en su aplicación. Se trata de una investigación-creación cercana a la del presente trabajo, explorando el uso de la IA tanto en preproducción como en posproducción, y evaluando sus capacidad desde criterios tanto técnicos como sensibles, reforzando la idea de una colaboración activa y crítica entre humano e inteligencia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

artificial en el campo del audio profesional, lo cual es clave para el propósito del desarrollo de una guía metodológica para la utilización de inteligencia artificial en la masterización de audio en la música.

### ***La inteligencia artificial en la masterización de audio***

Esta sección reúne antecedentes que abordan directamente la aplicación de inteligencia artificial en la fase de masterización. Los textos incluidos identifican algunas de las transformaciones, tensiones y oportunidades que surgen cuando estas tecnologías se integran en el trabajo profesional del ingeniero de masterización. Estos aportes resultan fundamentales para este trabajo, ya que complementan el enfoque práctico de la guía metodológica, ofreciendo una base conceptual que permite entender cómo se perciben y aplican estas herramientas en contextos reales.

**Automating the black art: Creative places for artificial intelligence in audio mastering. Thomas Birtchnell & Anthony Elliott (2018).**

Los autores analizan las implicaciones de la automatización en el trabajo creativo y las habilidades requeridas en el sector de la masterización de audio. El estudio realizó entrevistas y observaciones en estudios de ingenieros de masterización para comprender el efecto y estado de la industria con la inteligencia artificial, coincidiendo en que habilidades como la escucha crítica, la intuición estética y la sensibilidad afectiva siguen siendo difíciles de replicar mediante algoritmos. Plantean que, si bien plataformas automatizadas mediante IA han ganado terreno en servicios básicos de masterización, especialmente entre amateurs o músicos sin acceso a estudios

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

profesionales, su capacidad para producir resultados comparables a los de ingenieros humanos sigue siendo limitada. También analizaron cómo los estudios se están transformando en espacios cada vez más personalizados y autónomos, donde estas nuevas tecnologías se integran como parte del flujo de trabajo del ingeniero, no como sustituto. Concluyen resaltando que la IA no reemplaza directamente las capacidades humanas en este campo, sino que redefine la relación entre creatividad y tecnología al introducir modelos de colaboración híbrida entre humanos y sistemas automatizados. El análisis realizado en este artículo permite pensar el papel de la IA no solo en términos técnicos, sino también culturales, espaciales y afectivos, aportando elementos fundamentales para la futura elaboración de una guía metodológica que considere las prácticas reales de quienes trabajan con estas tecnologías y los valores que orientan su uso.

**Mastering 2.0: The Real or Perceived Threat of DIY Mastering and Automated Mastering Systems. Steve Collins, Adrian Renzo, Sarah Keith & Alex Mesker (2021).**

Los autores se plantean explorar el impacto en automatización y la democratización de tecnología basada en IA en la profesión del ingeniero de masterización. A través de entrevistas con profesionales del sector, los investigadores revelan perspectivas valiosas sobre esta evolución tecnológica. Los ingenieros consultados destacan que la masterización no es solo un proceso técnico, sino también creativo y mediador entre el producto artístico y su consumo final. Si bien reconocen que los servicios automatizados ofrecen ventajas significativas en términos de accesibilidad económica y rapidez de procesamiento, señalan limitaciones fundamentales en cuanto a la toma de decisiones artísticas sofisticadas. Estas incluyen la capacidad de dar coherencia

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020


sonora a un álbum completo o de adaptar una mezcla a diversos contextos de reproducción. Aun así, algunos profesionales reconocen que estas herramientas pueden resultar valiosas para músicos con recursos técnicos o económicos limitados. Las conclusiones del estudio apuntan a un escenario de convivencia más que de sustitución, mientras la IA democratiza el acceso a servicios básicos de masterización, la intervención humana experta sigue siendo insustituible para garantizar los más altos estándares de calidad artística. Los autores enfatizan que, lejos de desaparecer, el rol del ingeniero de masterización evoluciona hacia funciones que requieren juicio estético y adaptabilidad creativa, cualidades que actualmente escapan al alcance de los sistemas automatizados. Estos aspectos establecen un diálogo directo con el enfoque de este trabajo de grado, destacando la importancia de aprender a coexistir con las IA en la masterización, aportando una perspectiva relevante sobre cómo las herramientas automatizadas pueden complementar, pero no reemplazar, el trabajo humano.

**Listening without ears: Artificial intelligence in audio mastering. Thomas Birtchnell, (2018).**

Birtchnell investiga el impacto de la inteligencia artificial en la masterización de audio y en cómo los ingenieros se responden a esta evolución tecnológica. Emplea una metodología de investigaciones cualitativas con ingenieros de masterización en Australia, analizando sus percepciones y respuestas a la automatización de procesos, quienes lo reconocen como una herramienta útil que puede liberar tiempo de trabajo repetitivo y abrir nuevas posibilidades creativas. Los entrevistados identifican que los sistemas automatizados, si bien aún no igualan el

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

juicio humano en términos de escucha crítica o sensibilidad contextual, pueden colaborar en tareas técnicas como la normalización o el análisis de frecuencia. Además, Birtchnell observa que los profesionales están comenzando a redefinir su rol como mediadores entre las capacidades de la IA y las necesidades expresivas del músico, lo que implica una evolución del oficio más que su eliminación. Sus conclusiones resaltan en que, en lugar de enfocarse en la posible sustitución de la mano de obra humana por la IA, se hace necesaria la resignificación de la práctica profesional y la actualización de habilidades en virtud de integrar estas nuevas tecnologías, pues estimulan la innovación. A diferencia de *Automating the Black Art* (Birtchnell & Elliott, 2018), que se concentra en los cambios estructurales que la IA genera en el entorno de estudio y la práctica profesional, este artículo se enfoca en la experiencia del ingeniero como sujeto activo frente al cambio. Su contribución específica radica en mostrar cómo los profesionales reinterpretan su rol, adaptan sus habilidades y desarrollan nuevas formas de colaboración con las tecnologías. Este enfoque resalta se alinea con el objetivo de este trabajo de grado de explorar cómo estas herramientas pueden complementar y enriquecer el proceso de masterización sin reemplazar el trabajo humano, que desembocará en la construcción de una guía metodológica centrada en el uso reflexivo y creativo de la inteligencia artificial en la masterización de audio.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

Para alcanzar los objetivos planteados en este trabajo, se ha optado por una metodología cuantitativa de análisis de datos, basado en el análisis estadístico “a partir de la sistematización de los resultados obtenidos” (Arroyo, 2020, p. 280) en laboratorios de experimentación con las inteligencias artificiales de masterización de audio. Este análisis permitió evaluar las capacidades de las IA seleccionadas para cumplir con las tareas de masterización clave en relación con los estándares establecidos por los referentes teóricos identificados en la fase documental. Los hallazgos derivados de esta evaluación proporcionaron los fundamentos empíricos necesarios para el desarrollo de la guía metodológica, cuyo propósito final es ofrecer recomendaciones prácticas basadas en evidencia para la implementación efectiva de estas tecnologías en entornos de producción musical.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## MARCO TEÓRICO

### *Una exploración del significado de la inteligencia artificial*

Al consultar el término en diccionarios, podemos encontrar varias definiciones. La Real Academia Española (s.f.) la define como la “Disciplina científica que se ocupa de crear programas informáticos que ejecutan operaciones comparables a las que realiza la mente humana, como el aprendizaje o el razonamiento lógico.”. En inglés, el diccionario *Merriam-Webster* (s.f.) afirma que se trata de la capacidad de los sistemas informáticos o algoritmos para imitar el comportamiento humano inteligente, mientras que para el *Oxford English Dictionary* (s.f.) se trata de la capacidad de los computadores u otras máquinas para mostrar o simular un comportamiento inteligente (OED), y por su parte el *Cambridge Dictionary* (s.f.) la define como el uso o estudio de sistemas informáticos o máquinas que poseen algunas de las cualidades del cerebro humano.

De igual forma, en la literatura podemos encontrar definiciones significativas como la que afirma que se trata de una “inteligencia tecnológica que, aunque tiene su punto de inicio en las personas, (...) puede funcionar con independencia y autonomía frente a la misma, llegando incluso a superar en muchos aspectos las capacidades cognitivas y procedimentales de la humanidad” (Brito et al., 2019, p. 261), mientras el informe de estudio *Artificial Intelligence And Life In 2030* del 2015, considera que se trata de una rama de la informática que estudia las propiedades de la inteligencia a partir de la síntesis de esta (la inteligencia) (Stone et al., 2016), de igual forma Elaine Rich et al. (2010) lo tratan como el estudio de cómo hacer que los computadores hagan cosas que, de momento, hacen mejor los seres humanos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

A partir de lo anterior, se puede evidenciar que no existe una definición precisa y universalmente aceptada de la IA, y es probable que esto haya contribuido a que este campo crezca, florezca y avance a un ritmo cada vez más acelerado (Stone et al., 2016), pero siempre es posible encontrar de qué manera todas las definiciones anteriores se encuentran en un consenso básico: la inteligencia artificial implica la creación de sistemas informáticos capaces de realizar tareas que requieren inteligencia humana. Y es este consenso, en el que estas tecnologías buscan emular las capacidades humanas para llevar a cabo cualquier tarea, el que funcionó para entender la IA durante el desarrollo del presente trabajo de grado.

### ***El (des)encuentro entre la mente y la máquina***

La interacción entre humanos e inteligencia artificial se ha convertido en un tema de creciente interés y debate en diversos dominios, y es que es claro que la integración de sistemas de IA en nuestra vida diaria es cada vez mayor. Por esto es importante entender cómo se está relacionando la humanidad con este nuevo integrante de nuestras vidas. Dicho análisis lo hacen muy bien en el estudio *Artificial Intelligence And Life In 2030* (Stone et al., 2016), en el cual se adentra en el estado actual, y posible futuro, de las IA en ocho dominios específicos: transporte, robótica doméstica/servicial, salud, educación, comunidades de bajos recursos, seguridad pública y privada, empleo y lugar de trabajo, y entretenimiento.

En transporte, por ejemplo, se encuentran ya vehículos autónomos y sistemas de gestión del tráfico basados en IA, generando cuestionamientos importantes alrededor de la confianza y la seguridad, puesto que a medida que los humanos ceden el control de la conducción a algoritmos,

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

surge la preocupación por la fiabilidad de estos sistemas para tomar decisiones críticas en situaciones imprevistas. En el campo de la salud, la integración de la inteligencia artificial ha permitido mejorar los procesos diagnósticos, así como los tratamientos médicos, pero plantea desafíos en términos de privacidad y confidencialidad de los datos de los pacientes. En el ámbito educativo, la personalización del aprendizaje a través de la IA, como también la tutoría automatizada, generan preocupaciones alrededor de la equidad y la inclusión, puesto que no es posible aún asegurarse de que la IA no perpetúe sesgos o desigualdades existentes en el sistema educativo. En todos estos dominios es posible identificar cómo la deshumanización de las tareas genera intranquilidad en relación con la pérdida de control y autonomía, siendo importante entonces el desarrollo de marcos éticos y regulatorios que garanticen el uso responsable y equitativo de la inteligencia artificial en diversos contextos.

Algo parecido sucede al revisar el artículo *Artificial Intelligence in Service* de Ming-Hui Huang y Roland T. Rust (2018), aquí se plantean interrogantes sobre la confianza, la ética y la interacción humano-máquina en el contexto de la automatización de servicios y la integración de sistemas de IA en diversas industrias. Y es que la confianza en la tecnología y en las decisiones tomadas por sistemas inteligentes se convierte en un punto crucial, especialmente cuando se trata de servicios que impactan directamente en la vida de las personas. Estos desafíos éticos y sociales requieren una reflexión profunda para garantizar una coexistencia armoniosa y beneficiosa entre humanos e IA. Incluso en el mundo creativo la inteligencia está desafiando las concepciones tradicionales de lo que significa ser un "creador". Según Bown (2021), la IA está siendo utilizada cada vez más en la producción artística, desde la música hasta la literatura y las artes visuales. Esta

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

tendencia plantea preguntas sobre la originalidad y la autenticidad en la creación artística, así como sobre el papel del ser humano como agente creativo en un mundo cada vez más dominado por la tecnología.

Es importante entonces que el diálogo y trabajo colaborativo entre los desarrolladores, las políticas públicas y la gente del común se convierta en un horizonte indispensable para asegurar el uso proporcionado y medido de las inteligencias artificiales en nuestra sociedad moderna y futura.

### ***Desentrañando el concepto de masterización***

Para comprender de qué se trata la masterización de audio, es necesario viajar hacia su origen. Para empezar, la palabra masterización no existe como tal en el idioma español, se trata de una apropiación del anglicismo *master*, el cual hace referencia “al proceso de realizar la copia maestra” (Real Academia Española, 2021). En el audio, dicho proceso proviene de finales de los años 40, época en que se comenzó a realizar una fase de “transferencia”, la cual consistía en pasar el audio de la cinta magnética en que se grababa, a un vinilo que servía de copia maestra para producir los discos que se distribuirían. El ingeniero de masterización, o ingeniero de transferencia como se le conocía al principio, debía asegurarse que el audio se mantuviera al mayor volumen y con la menor cantidad de ruido posible, sin que se dañara el vinilo al cual se estaba trasladando, aprovechando para esto el uso de ecualización y compresión. Con el pasar del tiempo y la aparición de nuevas tecnologías, especialmente la llegada del mundo digital se fue abandonando la práctica de “cortar” discos de vinilo, pero el trabajo del ingeniero de masterización fue adaptándose a esto,

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

siempre en virtud de asegurar una buena calidad del audio en el formato de reproducción al que se esté necesitando entregar (Katz, 2015; Owsinski, 2017).

Entonces ¿qué es la masterización? Para Bob Katz (2015), es el último paso creativo del proceso de producción de audio, el puente entre la mezcla y la replicación (o distribución). Así como la última oportunidad de mejorar el sonido o reparar problemas. Por su parte, Evren Göknaar (2020) dice que se trata del proceso de optimización del audio para crear la versión final definitiva de una grabación y representa el último paso crítico del proceso de producción antes de la replicación en una fábrica o la distribución al consumidor. Además, la masterización es una disciplina que requiere una combinación única de habilidades creativas y técnicas (Göknaar, 2020). Ambos autores están de acuerdo en que es un proceso tanto técnico como creativo, y que se trata del último paso antes de la replicación o distribución del producto. Bobby Owsinski (2017) ofrece una definición más concisa al afirmar que es el proceso en el que se ajusta el nivel, se equilibran las frecuencias y se añaden los metadatos de una pista para prepararla para su distribución, además de volver a tratar la cuestión de la distribución. Además, al igual que Owsinski, Katz también menciona la importancia del equilibrio frecuencial y el ajuste de nivel para mejorar el sonido. Adicionalmente, tanto Göknaar como Katz abordan el concepto de control de calidad como una habilidad esencial del ingeniero de masterización, entendiéndose como la capacidad de verificar el estado óptimo del material sonoro. Este proceso sigue siendo fundamental para garantizar que el audio cumpla con los estándares de calidad y compatibilidad en diversos formatos de reproducción.

Para el desarrollo de este trabajo de grado, se va a entender la masterización como el último paso técnico y creativo en la cadena de una producción musical antes de su replicación o


 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

distribución, en la cual se hace un control de calidad que puede llevar a la reparación de problemas y la mejora del sonido.

### ***Máquinas masterizando música humana***


La convergencia entre la creatividad humana y la tecnología de la inteligencia artificial está generando un fuerte impacto en la industria musical, particularmente en el proceso de masterización de audio. Tradicionalmente, la masterización ha sido una labor realizada por ingenieros humanos altamente cualificados, quienes aplican su experiencia y habilidades auditivas para perfeccionar el sonido de una producción antes de su distribución. Sin embargo, con la llegada de la inteligencia artificial, surgen nuevas oportunidades y desafíos que modifican la dinámica del proceso de masterización, permitiendo la automatización de tareas que antes eran exclusivamente humanas.

Investigaciones como las de Birtchnell y Elliott (2018), así como el trabajo de Birtchnell (2018) en solitario, que destacan la importancia de comprender la percepción de los ingenieros de masterización ante la integración de la inteligencia artificial en su campo, son fundamentales para reconocer el potencial de estas tecnologías para mejorar la eficiencia en la masterización de audio, sin dejar de lado la relevancia que tienen las habilidades humanas, como la intuición y el juicio artístico, que aportan un valor único al proceso técnico y creativo. Por otro lado, el estudio realizado por Collins et al. (2021) resalta el impacto de estos sistemas en la democratización de la masterización, ya que hacen que el proceso sea más accesible para un público más amplio, pero

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

enfatan que la supervisión humana sigue siendo esencial para garantizar la calidad y la autenticidad en la producción musical.

Es claro entonces que, aunque la integración de la inteligencia artificial en la masterización musical representa un avance tecnológico significativo, esta innovación plantea cuestiones sobre la ética, la estética y la calidad técnica de los procesos. En este contexto, la intervención humana en la supervisión y ejecución del proceso de masterización se convierte en un componente fundamental para mantener un equilibrio entre la innovación tecnológica y la preservación de la calidad artística en una industria musical cada vez más mediada por estas nuevas tecnologías.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## DESARROLLO METODOLÓGICO

### *Fase 1*

La primera fase consistió en identificar categorías de análisis a partir de los autores que componen el marco teórico: *Mastering Audio The art and the science* de Bob Katz (2014), *The Mastering Engineer's Handbook* de Bobby Owsinski (2017), y *Major Label Mastering* de Evren Gökner (2020). En estos se hallaron las funciones y habilidades esenciales para llevar a cabo este proceso de manera óptima, las cuales luego fueron sistematizadas en ocho (8) categorías de análisis (Tabla 1).

Tabla 1. *Categorías de análisis*

Categoría de análisis	Funciones
<b>1. Control de calidad y verificación técnica</b>	Identificar problemas de mezcla (control de calidad)
	Verificar imagen estéreo y profundidad del audio
	Asegurar un <i>master</i> claro y con un amplio espectro frecuencial
	Mantener definición y detalle entre cada elemento
<b>2. Edición y restauración</b>	Edición ( <i>fades</i> , cortes, etc)
	Restauración de audio ( <i>clicks</i> , <i>glitch</i> , etc)
<b>3. Dinámicas</b>	Controlar las micro y las macro dinámicas
<b>4. Balance tonal</b>	Asegurar el balance tonal
<b>5. Loudness y volumen</b>	Considerar el nivel de loudness

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

<b>6. Montaje y flujo de trabajo</b>	Ensamblar un álbum
	Implementar flujos de trabajo replicables
<b>7. Estética y coherencia del género musical</b>	Mantener la estética sonora del género musical
<b>8. Formatos y entrega</b>	Generar formatos de entrega a necesidad

Paralelamente, se llevó a cabo un ejercicio identificación de las inteligencias artificiales relevantes en los procesos de masterización de audio. Este proceso combinó el uso de motores de búsqueda académicos y comerciales, como *Google Scholar* y *Dialnet*, con consultas en comunidades especializadas como foros de *Reddit*, así como consultas directas a profesionales del área. Como resultado, se compilaron más de treinta (30) herramientas tecnológicas disponibles en el campo de la masterización de audio basada en IA (Tabla 2)<sup>3</sup>, de las cuales solo tres (3) entregan audios masterizados de forma gratuita e ilimitada: *Bakusage* (s.f.), *BandLab Mastering* (s.f.) y *Mastering Studio* (s.f.). La mayoría, sin embargo, limitan las pruebas gratuitas a muestras de menor calidad, que pueden ser parciales (como en el caso de *Waves Online Mastering* (s.f.)) o completas (como *Music Gateway Online Mastering* (s.f.)), requiriendo pagos para acceder a los archivos finales.

Tabla 2. Inteligencias Artificiales de Masterización de Audio

Nombre	Tipo	Costo (USD)	Enlace
<i>Bakusage</i>	Servicio Web	Gratis	<a href="https://bakusage.com/en/">https://bakusage.com/en/</a>
<i>BandLab Mastering</i>	Servicio Web	Gratis con funciones limitadas o \$14.95/mes con funciones completas	<a href="https://www.bandlab.com/mastering">https://www.bandlab.com/mastering</a>

<sup>3</sup> Datos actualizados a 20 de enero de 2025

 <b>Institución Universitaria</b>	<b>INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

<i>Mastering Studio</i>	Servicio Web	Gratis WAV, 44.1kHz, 16 bits, 0dB Peak (\$2.99/track WAV, 48kHz, 16 bits, -1dB Peak o \$6.99/track WAV, 96kHz, 24 bits, -1dB Peak)	<a href="https://www.mastering.studio/">https://www.mastering.studio/</a>
<i>Song Mix Master</i>	Servicio Web	Gratis (No fue posible comprobarlo porque el servicio se encuentra inactivo por el desarrollo de su nuevo algoritmo)	<a href="https://songmixmaster.com/ai-mastering">https://songmixmaster.com/ai-mastering</a>
<i>Dikt Atorial</i>	Servicio Web	2 usos gratis luego \$4.99 cada uno	<a href="https://diktatorial.com">https://diktatorial.com</a>
<i>Automix by Roex</i>	Servicio Web	\$3/track o \$8/mes	<a href="https://automix.roexaudio.com/">https://automix.roexaudio.com/</a>
<i>Moises.ai</i>	Servicio Web	\$3.99/Mes	<a href="https://studio.moises.ai/mastering">https://studio.moises.ai/mastering</a>
<i>Remasterify</i>	Servicio Web	\$4.99/mes	<a href="https://remasterify.com/">https://remasterify.com/</a>
<i>Chosen Masters</i>	Servicio Web	\$4.99/ 2 tracks o \$9.99/mes	<a href="https://chosenmasters.com/">https://chosenmasters.com/</a>
<i>Ditto Music Mastering</i>	Servicio Web	\$5/track	<a href="https://dittomusic.com/en/mastering">https://dittomusic.com/en/mastering</a>
<i>TuneCore</i>	Servicio Web	\$5/track	<a href="https://www.tunecore.com/mastering">https://www.tunecore.com/mastering</a>
<i>Amuse Master Your Music</i>	Servicio Web	\$5/track	<a href="https://www.amuse.io/en/partners/master-your-music/">https://www.amuse.io/en/partners/master-your-music/</a>
<i>Waves Online Mastering</i>	Servicio Web	\$5.99/track	<a href="https://www.waves.com/online-mastering">https://www.waves.com/online-mastering</a>
<i>Sound Plate AI Music Mastering</i>	Servicio Web	\$6/track	<a href="https://soundplate.com/ai-music-mastering/">https://soundplate.com/ai-music-mastering/</a>
<i>Unchained Music</i>	Servicio Web	\$6/track	<a href="https://www.unchainedmusic.io/mastering">https://www.unchainedmusic.io/mastering</a>
<i>digdis!</i>	Servicio Web	\$6/track	<a href="https://digdis.de/en/mastering">https://digdis.de/en/mastering</a>
<i>Revocalize.ai</i>	Servicio Web	\$9/mes	<a href="https://www.revocalize.ai/ai-mastering-online">https://www.revocalize.ai/ai-mastering-online</a>
<i>Warp Mastering</i>	Servicio Web	\$9/track	<a href="https://www.warpmastering.com">https://www.warpmastering.com</a>
<i>Aria Mastering</i>	Servicio Web	\$9.90/track	<a href="https://ariamastering.com/About">https://ariamastering.com/About</a>
<i>Kits.ai</i>	Servicio Web	\$11.99/mes	<a href="https://app.kits.ai/ai-mastering">https://app.kits.ai/ai-mastering</a>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

<i>Munute</i>	Servicio Web	\$13/mes	<a href="https://www.munute.com/ai-mastering/">https://www.munute.com/ai-mastering/</a>
<i>VIRTU Assisted Mastering by Slate Digital</i>	Servicio Web	\$24.99/mes (14 días de prueba gratis, que solo permite hacer 3 masters)	<a href="https://slatedigital.com/virtu-online-mastering-software/">https://slatedigital.com/virtu-online-mastering-software/</a>
<i>Cryo-Mix</i>	Servicio Web	\$29/mes	<a href="https://cryo-mix.com/mastering">https://cryo-mix.com/mastering</a>
<i>Landr</i>	Servicio Web	\$9.99/mes o 4.99/track (prueba gratis de 3 días, MP3 A 320kbps con marca de agua)	<a href="https://www.landr.com/es/masterizacion-audio-online/">https://www.landr.com/es/masterizacion-audio-online/</a>
<i>Master Mallow</i>	Servicio Web	\$17.99/track	<a href="https://mastermallow.com">https://mastermallow.com</a>
<i>Master Channel</i>	Servicio Web	\$25/mes	<a href="https://masterchannel.ai/">https://masterchannel.ai/</a>
<i>eMastered</i>	Servicio Web	\$39/mes (devolución de dinero antes de 14 días)	<a href="https://emastered.com/es">https://emastered.com/es</a>
<i>Stemmer</i>	Servicio Web	\$40 (de por vida)	<a href="https://www.stemmer.io/">https://www.stemmer.io/</a>
<i>Music Gateway Online Mastering</i>	Servicio Web	\$89/año por 50 tracks al mes o \$199/ tracks ilimitados	<a href="https://www.musicgateway.com/free-online-mastering">https://www.musicgateway.com/free-online-mastering</a>
<i>Ozone</i>	Plugin	\$399 (de por vida) (prueba gratis de 14 días)	<a href="https://www.izotope.com/en/products/ozone.html">https://www.izotope.com/en/products/ozone.html</a>
<i>Logic Pro Mastering Assistant</i>	Plugin	Incluido en la suite de <i>Logic Pro</i> (exclusivo para Mac, \$199.99)	<a href="https://support.apple.com/es-es/guide/logicpro/lgcp7f94da0b/mac">https://support.apple.com/es-es/guide/logicpro/lgcp7f94da0b/mac</a>

## Fase 2

En esta fase del proyecto, nos enfocamos en desarrollar laboratorios de experimentación con cinco (5) de las inteligencias artificiales identificadas: **Bakuage** (s.f.), **BandLab** (s.f.) y **Mastering Studio** (s.f.), seleccionadas por ofrecer resultados completos de forma gratuita; además de **LANDR** (s.f.) y **Ozone** (s.f.), elegidas por ser las opciones de pago más populares y utilizadas.

Se trabajó con tres (3) mezclas:

- **Mezcla 1:** *Tommy Calavera* de **Envenenados**, proveniente del portafolio personal del investigador.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- **Mezcla 2:** *One Flip Flop* de *The Maybe Next Years*, obtenida de la biblioteca abierta de Cambridge Music Technology.
- **Mezcla 3:** *Reckoner* de *Radiohead*, reconstruida a partir de stems distribuidos oficialmente por la banda en el pasado.

De cada mezcla se cuenta con la versión masterizada oficial, que sirve como control de referencia para los experimentos. El análisis incluyó tanto las observaciones y percepciones auditivas obtenidas al usar cada herramienta de IA, como la consulta de la documentación oficial disponible<sup>4</sup>, con el objetivo de recopilar la mayor cantidad de información posible en cada experimento. (Los archivos de audio se encuentran disponibles a través del siguiente enlace: [Link a las muestras de audio](#))

## BAKUAGE

Es un servicio automático de masterización de audio en línea, cuyo nombre proviene del japonés y significa “aumento explosivo o dramático”, y ofrece dos (2) modos principales:

- **Easy Master:** Procesamiento completamente automático que entrega un archivo masterizado sin necesidad de ajustes.
- **Custom Master:** Modo avanzado que permite personalizar varios parámetros técnicos del proceso de masterización (Ilustración 1):
  - **Target Loudness Mode:** Permite elegir entre los modos "*Loudness*" y "*YouTube Loudness*". se observó que el segundo modo trabaja con un nivel de loudness más

<sup>4</sup> A la fecha de 20 de enero de 2025

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

bajo, entregando audios aproximadamente 2 LUFS-I por debajo del primero. El modo predeterminado es "*Loudness*".

- **Target Loudness:** Ofrece la posibilidad de definir el nivel de sonoridad deseado en *LUFS*, lo que en la práctica determina el nivel de limitación. El valor predeterminado es -9.
- **Ceiling Mode:** Da acceso a tres opciones: "*Peak*", "*True Peak*" y "*True Peak (15 kHz Lowpass)*". La diferencia clave entre "*Peak*" y "*True Peak*" radica en que 'True Peak' considera los picos inter-sample que pueden surgir al convertir la señal digital en analógica, mientras que 'Peak' solo analiza los valores máximos de los samples digitales individuales. En cuanto a los dos modos "*True Peak*", la variante con "*15 kHz Lowpass*" aplica un filtro de paso bajo a 15 kHz en el limitador de picos entre samples. Esto probablemente busca minimizar el riesgo de artefactos al limitar señales con mucho contenido de alta frecuencia. El modo predeterminado es "*True Peak (15 kHz Lowpass)*".
- **Ceiling (Control de pivos):** Define el nivel máximo en dBFS que no será superado por la señal de salida. Este ajuste forma parte de la fase de limitación y establece el tope absoluto de la señal. El valor predeterminado es -0.5 dBFS.
- **Oversampling:** Aplica el procesamiento a una frecuencia de muestreo dos veces mayor que la original. Si se deja en 1x (valor predeterminado), el *loudness* puede reducirse drásticamente si el *Ceiling Mode* está configurado en cualquier opción

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

distinta de *Peak* (por los picos *inter-sample* que se controlan en los otros modos).

Cambiarlo a 2x evita este problema, aunque ralentiza el procesamiento.

- ***Automatic Mastering:*** Esta opción ajusta automáticamente el tono para que se aproxime a una referencia predeterminada (no especificada) o a una referencia personalizada. Se advierte que, al activarla, el sonido cambiará para alinearse con la referencia, por lo que, si la mezcla ya cuenta con la sonoridad deseado, es preferible desactivarla. Este ajuste se controla mediante una barra de nivel que va de 0.1 a 1; cuanto más cerca de 1, más agresiva será la aproximación al sonido de la referencia. Está activado por defecto con un nivel de 0.5.
- ***Output Format:*** Permite seleccionar el formato de salida del audio entre WAV (16bit), WAV (24bit), WAV (32bit Float) y MP3 (320kbps). El formato predeterminado es WAV (16bit).
- ***Sampling Rate:*** Permite seleccionar la frecuencia de muestreo de salida del audio entre 44.1 kHz, 48 kHz o *Same as original* (igual que el original). La frecuencia predeterminada es 44.1 kHz.
- ***Low Cut Freq y High Cut Freq:*** Aplican filtros pasa altas y pasa bajas al proceso de masterización. Los valores predeterminados son 20 Hz y 20,000 Hz, lo que significa que no se aplican filtros dentro del rango audible .
- ***Video Title:*** Debido a que la naturaleza original de esta IA es masterizar audios para videos musicales, en esta casilla se puede poner el título de este.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- ***Preserve Bass:*** Controla de manera automática de qué forma se va a realizar el control dinámico de los bajos, intentando mantenerlos lo más fieles posibles en cuanto a potencia con respecto al audio original. Se aclara que, dependiendo de la fuente sonora, puede resultar en distorsión. Viene activado por defecto.
- ***Mastering Algorithm:*** Se ofrece dos versiones: V1 y V2 (predeterminada si “*Automatic Mastering*” está activado). Al desactivar “*Automatic Mastering*”, el sistema utiliza automáticamente la V1. Según pruebas realizadas, la versión 1 trabaja con un loudness ligeramente más bajo, con una diferencia de entre 0.2 y 0.3 LUFS-I. También expande más la imagen estéreo, lo que reduce la correlación del estéreo y genera un sonido con menos brillo y un tratamiento a las transientes más suave, en comparación con la V2.

Al finalizar el procesamiento, *Bakuage* genera un informe detallado que resume la configuración personalizada utilizada y presenta tablas comparativas entre el audio original y el masterizado, abordando aspectos como el *loudness*, la forma de onda y el espectro sonoro (Ilustración 2).

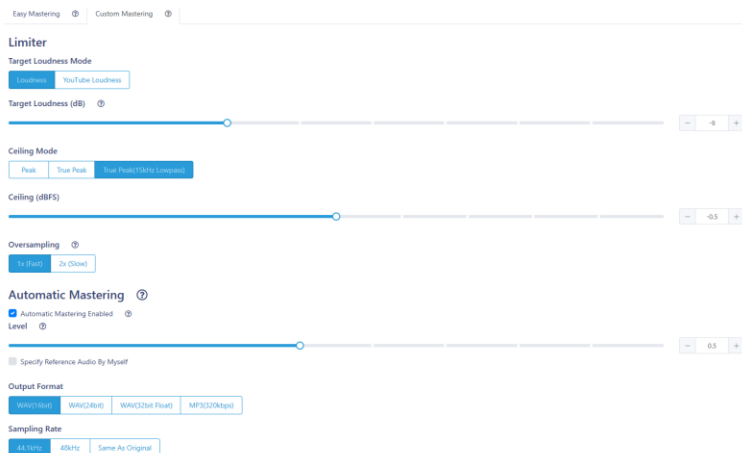


Ilustración 1. Controles de entrada Bakuage

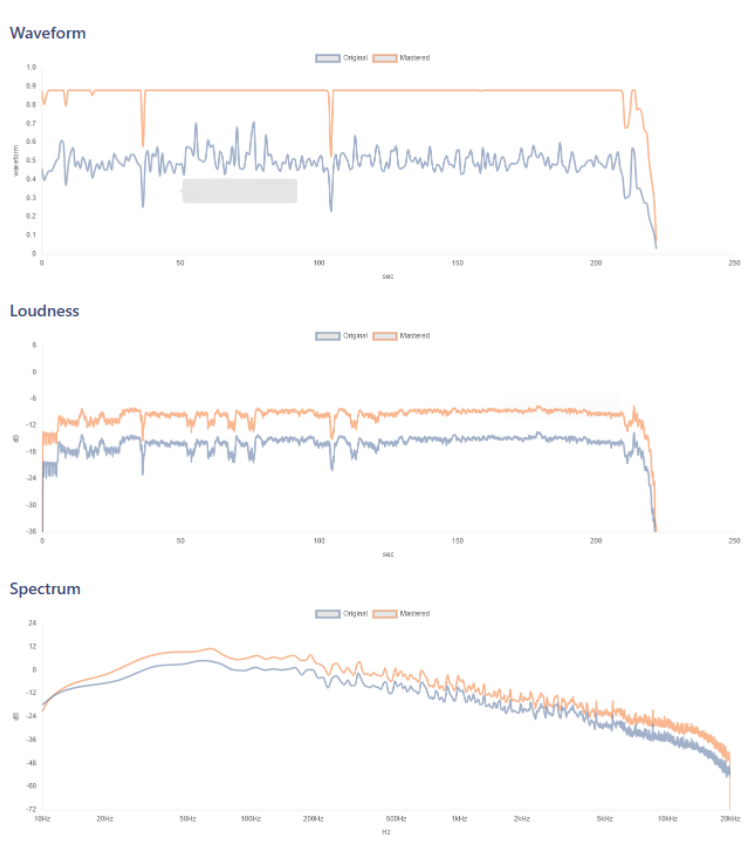


Ilustración 2. Informe Bakuage

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## BANDLAB

Es una plataforma gratuita de producción musical basada en la nube que combina que combina funciones de DAW y almacenamiento de proyectos, herramientas de colaboración remota y de red social para músicos. Dentro de su repertorio de herramientas, incluye una plataforma de masterización automática online.

Esta, inicialmente ofrece un control de entrada principal de ganancia, que varía entre -20 dBFS y +20 dBFS, ajustándose automáticamente mediante IA al cargar el audio. Además, permite elegir entre ocho (8) tipos de sonoridad, categorizadas con los siguientes descriptores conceptuales

(Ilustración 3):

- **Universal:** Balance tonal dinámico y natural
- **Fuego:** Bajos impactantes y claridad de rango medio
- **Claridad:** Agudos prístinos con una ligera expansión dinámica
- **Cinta:** Saturación cálida con dinámica analógica
- **Natural:** Dinámicas equilibradas y compresión suave
- **Espacial:** Reverberación atmosférica y amplitud de estéreo mejorada
- **Cinemático:** Saturación intensa y distorsión armónica
- **Empuje:** Bajo enérgico combinado con agudos potenciado

De estas opciones, los cuatro (4) primeros pueden descargarse de manera gratuita, mientras que las demás están disponibles solo en planes pagos. Además, ofrece la opción de variar la intensidad del procesamiento entre cero (0) y cien (100), siendo cincuenta (50) el único valor de

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

acceso gratuito. Los audios siempre los entrega en formato WAV a 44.1 kHz y 16 bits. Para las pruebas, se utilizó el plan de prueba de tres (3) días, que permite acceso completo.

Durante las pruebas, se observó lo siguiente:

- **Universal:** Cumple con su descripción, presentando un balance general equilibrado y funcional para la mayoría de los géneros musicales.
- **Fuego:** Potencia los bajos de manera excesiva, opacando el resto del espectro. El resultado sugiere el uso de compresión multibanda y un aumento significativo de ganancia en las frecuencias graves, lo que resulta en un sonido carente de balance frecuencial.
- **Claridad:** Resalta los brillos, logrando un resultado funcional en ciertos casos. Es coherente con su descripción, aunque el realce en las altas frecuencias podría ser demasiado en mezclas brillantes de por sí.
- **Cinta:** Como promete, ofrece una saturación cálida y analógica, destacándose especialmente en las frecuencias bajas y medias. Sin embargo, esta saturación tiende a exagerar las altas frecuencias, lo que podría resultar incómodo en ciertos contextos.
- **Natural:** Es la sonoridad que, en general, respeta mejor el sonido original de la mezcla, con un procesamiento equilibrado y sutil. Muy recomendable.
- **Espacial:** Es la menos recomendable, ya que el procesamiento espacial genera artefactos en el audio que afectan la experiencia de escucha y la correlación estéreo, causando resultados inconsistentes e incómodos.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- **Cinemático:** Ofrece saturación intensa, pero genera un sonido con agudos descontrolados, similar al modo "Claridad", aunque con una distorsión adicional que afecta la calidad general.
- **Empuje:** Intenta realzar la pegada general, pero el resultado es un sonido excesivamente comprimido, sin cuerpo y desequilibrado, lo que lo hace poco útil en general.

Además, se evidencia una falta de *ceiling* en el procesamiento, dejando sin control picos el resultado final, lo que puede provocar distorsión digital si la ganancia de entrada se sube mucho o si la mezcla ya contiene picos fuertes. Esta limitante puede generar masters que superen el nivel de 0 dBFS, causando problemas al reproducirlos.

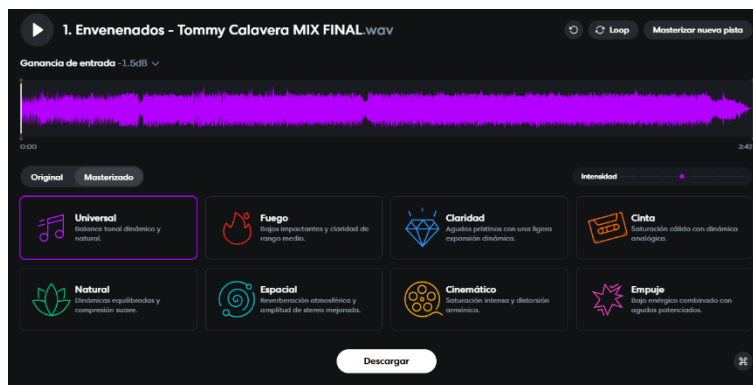


Ilustración 3. Controles de entrada Bandlab

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## MASTERING.STUDIO

Es una plataforma de masterización de audio en línea creada por la empresa *Plugin Alliance*, que reúne plugins de audio de alta calidad desarrollados por diversas marcas, siendo parte del grupo empresarial de *Native Instruments*, que ofrece 6 modos de masterización distintos, los cuales se dividen en tres (3) categorías basadas en ciudades, y cada una de estas en dos (2) subcategorías, categorizados a través de los siguientes descriptores conceptuales (Ilustración 4):

- **LA Standard:** Estilo predeterminado, inspirado en algunos de los grandes ingenieros de masterización de la Ciudad de los Ángeles. Promete brindar compresión sólida y *EQ* de rango completo. Y entrega un loudness fuerte para cualquier servicio de transmisión o lanzamiento de *CD*. Aseguran que suena bien en estilos como *Hip Hop* y *Rock*.
- **LA Punch:** Similar a *LA Standard*, pero con una compresión aún más robusta. De nuevo, Aseguran que suena bien en estilos como *Hip Hop* y *Rock*.
- **London Smooth:** Promete una configuración de *EQ* más lineal, con más *glue*. Afirman que brinda un sonido "natural", y lo recomiendan en géneros como *Jazz*, *Baladas* y *Orquesta*.
- **London Edgy:** Hablan de que brinda un balance tonal natural, pero con un poco más de volumen. Recomiendan su uso en géneros alternativos y *Hard Rock*.
- **Miami Loud:** Solo hablan de que sonará fuerte.
- **Miami Extreme:** Aseguran brindar presencia agresiva y graves pesados.

Ofrece descargar los archivos en tres formatos diferentes: de forma gratuita, en WAV a 44.1 kHz y 16 bits con un *peak* a 0 dB (formato utilizado en las pruebas); o elegir entre dos opciones de


 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

pago: \$2.99 por pista en WAV a 48 kHz y 16 bits con un *peak* a -1 dB, o \$6.99 por pista en WAV 96 kHz y 24 bits con un *peak* a -1 dB (Ilustración 5).

A rasgos generales, las pruebas evidenciaron que el formato con un *ceiling peak* a 0 dB puede provocar que, en mezclas con grandes picos, algunos de estos se escapen y superen los 0 dBFS, lo que podría ocasionar distorsión al reproducirse en dispositivos. Este problema se evitaría en los formatos pagos, que ofrecen un pico máximo de -1 dB.

Además, se evaluaron los seis modos de masterización, con los siguientes resultados:

- **LA Standard:** Cumpliendo lo que prometen, se trata del modo más equilibrado tonal y dinámicamente. Se destaca por mejorar las bajas frecuencias sin comprometer el resto del espectro.
- **LA Punch:** Conserva el mismo balance tonal que "LA Standard", pero aplica una compresión más evidente, resaltando las transientes y logrando un mayor *loudness*.
- **London Smooth:** Es el que menos *loudness* entrega, pero también es el que más respeta el sonido de la mezcla original, brindando un sonido muy transparente en general.
- **London Edgy:** Aporta más *loudness* que "London Smooth", pero menos que "LA Standard", junto con un leve aumento en los brillos y la pegada general. Es un paso intermedio entre la transparencia y el impacto.

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- Miami Loud:** Utiliza una compresión y limitación más agresiva y evidente que los modos anteriores, generando un mayor *loudness*. Sin embargo, puede introducir distorsión y un efecto de bombeo perceptible en mezclas complejas.
- Miami Extreme:** Tal como lo indican, es el modo más agresivo de todos. Consigue el mayor *loudness*, pero a costa de una evidente sobrecompresión y distorsión, lo que puede ser contraproducente en gran cantidad estilos o mezclas.

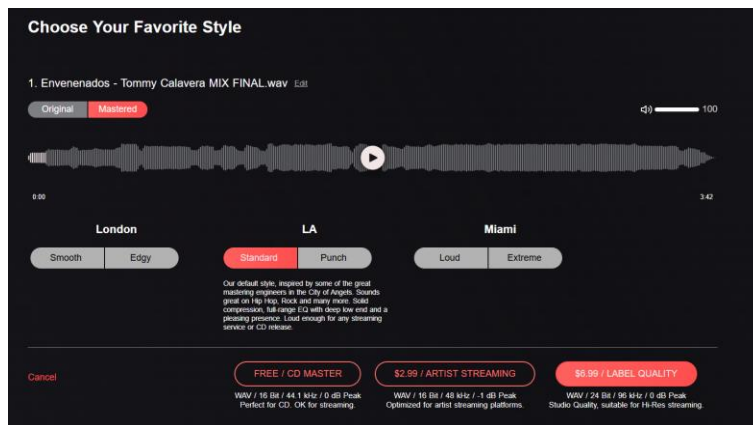


Ilustración 4. Controles de entrada Mastering.Studio

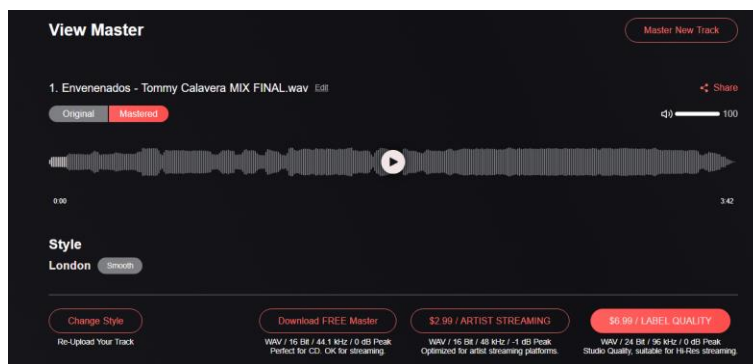


Ilustración 5. Formatos de entrega Mastering.Studio

	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## LANDR

Es un ecosistema creativo diseñado para músicos que ofrece servicios de creación, distribución y promoción musical.

En el apartado de masterización con inteligencia artificial, proporciona tres estilos de masterización, categorizados según los siguientes descriptores conceptuales (Ilustración 6):

- **Cálida:** Calidez vintage con una compresión más suave para un sonido grueso y fluido.
- **Equilibrado:** Controlado, enfocado en el balance, la claridad y la profundidad.
- **Abierto:** Moderno, sonido abierto con énfasis en la pegada y la presencia.

Cada uno de estos estilos puede configurarse en tres niveles distintos de *loudness*: Baja, Media y Alta. Además, permite realizar la masterización basada en una referencia.

El sistema entrega audios en formatos MP3 y WAV en diversas calidades. Para los experimentos, se utiliza la prueba gratuita de 3 días, que solo permite descargar los audios en formato MP3 a 320 kbps con marca de agua.

Al realizar las pruebas, encontramos los niveles de loudness incrementan de forma progresiva entre 1 y 1.5 dBFS por nivel, sin que el modo más alto genere distorsión o supere los 0 dBFS pico.

En cuanto a los estilos se observaron los siguientes resultados:

- **Cálida:** Aporta un refuerzo notable en las bajas frecuencias, haciendo que se perciba un sonido más opaco que otros modos, manteniendo un buen equilibrio en el resto del espectro y conservando la naturalidad de la mezcla.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

- **Equilibrado:** Este modo cumple perfectamente con lo esperado. Es el más equilibrado, aportando brillos y un ligero aumento en la pegada, especialmente en las frecuencias bajas. Además, añade una ligera apertura estéreo en comparación con la mezcla original.
- **Abierto:** Este modo ofrece una imagen estéreo más amplia y un ligero aumento de loudness en comparación a los otros dos modos. No genera artefactos ni problemas apreciables relacionados al procesamiento espacial, manteniendo un sonido limpio.
- **Referencia:** Aquí, el procesamiento intenta imitar lo más posible la referencia brindada, pero manteniendo la tendencia de no llevar el sonido a un *loudness* muy fuerte ni hacer cambios muy drásticos en el tono original de la mezcla.

En general, el procesamiento de LANDR se aprecia menos invasivo en comparación con otras plataformas de masterización por IA. Todas las opciones disponibles ofrecen resultados bien balanceados tanto tonal como dinámicamente, lo que permite obtener *masters* de alta calidad sin sacrificar la integridad del sonido original.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

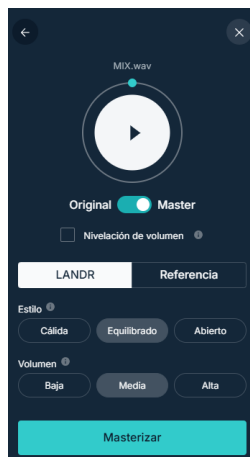


Ilustración 6. Controles de entrada LANDR

## OZONE 11 ADVANCED

*Ozone* es una *suite* de masterización desarrollada por la empresa *iZotope*, reconocida por su innovación en audio digital y procesamiento inteligente mediante inteligencia artificial (IA). Siendo *Ozone 11 Advanced*, lanzado en 2023 en forma de plugin de pago, la versión más completa.

Al tratarse de un *plugin* de audio, primero se debe montar cada mezcla en un canal del DAW y luego insertar *Ozone 11* en cada canal correspondiente.

Para utilizar esta función, hay que dar *click* en la opción de *Master Assistant*, y reproducir la parte más *loud* (cargada, ruidosa, fuerte) del audio que se desea procesar, durante al menos 8 segundos (Ilustración 7). Tras realizar el análisis, *Ozone 11* propone una cadena de procesos que son totalmente modificables o incluso desechables, además de permitir la incorporación de más procesos según se requiera. También permite ajustar automáticamente alguno uno de estos

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

procesos desde una biblioteca de géneros, como *Rock*, *Country* y *Pop*, entre otros; además de tener la opción de añadir referencias propias para aproximarse a un sonido específico.

En todas las pruebas la cadena de procesamiento se presenta en el siguiente orden (Ilustración 8):

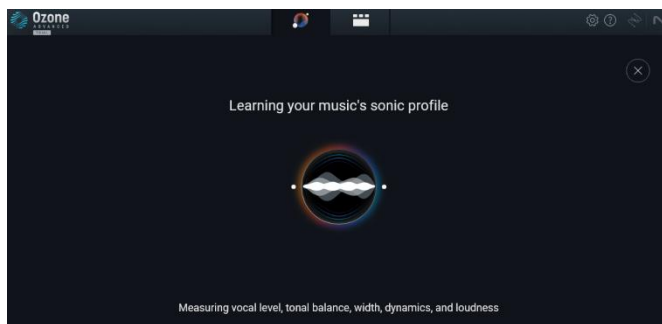
- 1) **Equalizer 1** (Ecuilización flexible con filtros analógicos o digitales)
- 2) **Impact** (Compresión/Expansión Multibanda)
- 3) **Imager** (Imagen Estéreo Multibanda)
- 4) **Clarity** (Mejora de claridad espectral y reducción de resonancias y enmascaramiento, basado en ruido rosa, blanco o café)
- 5) **Stabilizer** (Ecuilizador adaptativo que ajusta el balance tonal de una señal para que se ajuste a un objetivo preestablecido, corrigiendo resonancias y frecuencias desbalanceadas)
- 6) **Dynamic EQ** (Ecuilización Dinámica)
- 7) **Maximizer** (Limitación).

En algunos casos, la IA incluye el módulo “*Master Rebalance*” de forma adicional al inicio de la cadena para darle más presencia a la voz, puesto utiliza *machine learning* para separar el audio en tres componentes principales: voces, baterías y bajo. Durante las pruebas, este proceso apareció en la Mezcla 1 y la Mezcla 3.

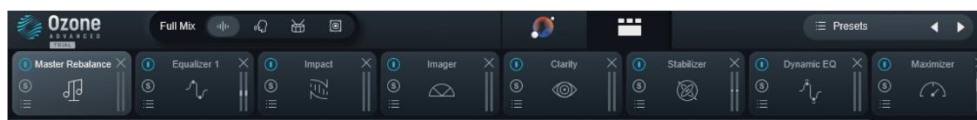
En las pruebas realizadas con la versión de prueba gratuita de 14 días, que permite acceso completo a todas las herramientas, se evidenció que Ozone genera masters únicos para cada mezcla. Los ajustes de los módulos varían significativamente dependiendo del audio procesado, incluso al usar una referencia externa, la IA adapta los parámetros para obtener el mejor resultado

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

posible según las características de cada audio. Esto hace de Ozone la herramienta más versátil y personalizable entre todas las soluciones analizadas.



*Ilustración 7. Master Assitant Ozone 11 Advanced*



*Ilustración 8. Cadena de procesamiento Ozone 11 Advanced*

Además, los resultados de experimentación se analizaron de manera comparativa contra las categorías de análisis planteadas en la Fase 1 (Tabla 3).

### ***Fase 3***

En esta última fase del proyecto, los resultados obtenidos en los laboratorios se integraron en una guía metodológica que presenta una descripción detallada de cada herramienta de inteligencia artificial analizada, incluyendo sus características, configuraciones disponibles y el potencial de sus funciones en el proceso de masterización. Se estructuraron a partir de tres categorías principales, Preparación, Ajustes y Finalización. De esta forma se simplifica el acceso a la información y facilita su uso tanto para profesionales experimentados como para estudiantes o entusiastas de la producción musical. Las observaciones de los laboratorios se tradujeron en

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

recomendaciones prácticas para cada herramienta, buscando que los usuarios creen configuraciones que se alineen con sus necesidades específicas. Adicionalmente, la guía analiza limitaciones técnicas e incluye sugerencias para mitigarlas.

Como contribución a la comunidad, este recurso busca llenar un vacío en la literatura técnica especializada al integrar análisis técnicos con orientación aplicada. Está disponible de forma libre y abierta en <https://masteriaguia.my.canva.site/masteria>, aspirando a convertirse en una referencia útil para quienes exploran la IA en masterización.

## RESULTADOS Y ANÁLISIS

Los resultados demuestran que todas las herramientas evaluadas cumplen con los procesamientos esenciales de gestión de dinámicas (compresión/limitación), ajuste espectral (ecualización, balance tonal) y control de loudness/volumen, pero su desempeño varía significativamente en aspectos avanzados (Tabla 3).

*Ozone* es la única herramienta que incorpora un control de calidad y verificación técnica, siendo capaz de detectar y corregir posibles problemas en la mezcla, como resonancias no deseadas o desbalances en la imagen estéreo. También es la única que ofrece opciones para modificar y optimizar el flujo de trabajo, facilitando procesos replicables que podrían utilizarse en la producción de un álbum. En términos de balance tonal, solo *Bakusage* y *Ozone* logran resultados consistentes, mientras que las demás herramientas presentan variaciones según los modos de procesamiento utilizados, lo que puede comprometer la coherencia sonora. Por otro lado, la integración de referencias externas en *Bakusage*, *Landr* y *Ozone* permite acercarse a una estética

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

específica, aunque a costa de modificar la sonoridad y el balance original de la mezcla. Otro aspecto clave es el formato de entrega. *Ozone*, *Bakuage*, *Mastering Studio* y *Landr* permiten la exportación en diversas configuraciones, mientras que *BandLab* limita la entrega a WAV, 44.1 kHz, 16 bits, lo que restringe su versatilidad.

Estos hallazgos evidencian que, aunque las herramientas de IA han avanzado en la automatización de la masterización, su desempeño sigue dependiendo de la intervención y el criterio de un ser humano para decisiones estéticas y ajustes técnicos finos. La elección de una herramienta debe considerar no solo sus capacidades técnicas, sino también sus limitaciones y la posibilidad de ajustes manuales para obtener un resultado óptimo.

Tabla 3. Resultados de categorías de análisis

	<b>BandLab</b>	<b>Bakuage</b>	<b>Mastering Studio</b>	<b>Landr</b>	<b>Ozone 11 Advanced</b>
<b>Control de calidad y verificación técnica</b>	NO	NO	NO	NO	SI*
<b>Edición y restauración</b>	NO	NO	NO	NO	NO
<b>Dinámicas</b>	SI	SI	SI	SI	SI
<b>Balance tonal</b>	NO*	SI*	NO*	NO*	SI
<b>Loudness y volumen</b>	SI	SI	SI	SI	SI
<b>Montaje y flujo de trabajo</b>	NO	NO	NO	NO	SI*

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Estética y coherencia del género musical	NO	SI*	NO	SI*	SI
Formatos y entrega	NO*	SI	SI	SI	SI
OBSERVACIONES	<p>*Como cada modo ofrece distintas sonoridades, hacen que no haya un balance tonal consistente</p> <p>*Solo entrega en formato WAV, 44.1 kHz, 16 bits</p>	<p>*Si se desactiva el modo "Automatic Mastering" se respeta más balance tonal original de la mezcla.</p> <p>*Al cargar una referencia en el modo "Automatic Mastering" puede llegar a acercarse bastante en cuestiones estéticas, sacrificando la sonoridad y balance original de la mezcla.</p>	<p>*Al igual que con BandLab, al tener distintos modos que ofrecen distintas sonoridades, hacen que no haya un balance tonal consistente</p>	<p>*Al trabajar siempre bajo sonidos predeterminados o una referencia, no hay forma de asegurar totalmente un balance tonal</p> <p>*Igual que en el caso Bakuage, al cargar una referencia puede llegar a acercarse bastante en cuestiones estéticas, a costa de sacrificar la sonoridad y balance original de la mezcla.</p>	<p>*Gracias al <i>machine learning</i>, revisa y corrige problemas de niveles en la mezcla relacionados con la voz, las resonancias y las fases, así como en la imagen estéreo.</p> <p>*Implementa flujos de trabajo replicables, y con la intervención de una persona podría llegar a montarse un álbum.</p>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## CONCLUSIONES

El análisis de los referentes teóricos permitió reafirmar que la calidad en la masterización se sustenta en principios técnicos y estéticos bien definidos, los cuales no son susceptibles de automatización completa. Si bien las herramientas de IA pueden replicar algunos procesos técnicos con precisión, los procesos creativos, así como la sensibilidad auditiva y las decisiones estilísticas siguen siendo elementos esenciales que requieren una comprensión profunda del sonido y de la producción musical. En este sentido, la inteligencia artificial aún no sustituye al ingeniero de masterización, sino que se puede convertir en una herramienta complementaria dentro del flujo de trabajo.

El rastreo de más de treinta (30) herramientas de inteligencia artificial aplicadas a la masterización evidenció su diversidad en términos de disponibilidad, costo y funcionalidad. Pese a que estas tecnologías ofrecen soluciones automatizadas y asequibles, solo un puñado de ellas garantiza resultados profesionales sin restricciones, lo que representa barreras persistentes en accesibilidad y calidad. A través de los laboratorios de experimentación con cinco (5) de estas herramientas de IA, fue posible evaluar el desempeño en tareas esenciales como ecualización, compresión y limitación. Los resultados demostraron que, si bien algunas herramientas pueden ofrecer resultados consistentes en términos de volumen y balance tonal, aún carecen de precisión en el control de parámetros clave, como la gestión de picos o la adaptación a la sonoridad específica de cada mezcla. Esta realidad confirma que la masterización asistida por IA requiere supervisión humana para preservar la intención artística original.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

No obstante, es importante reconocer que la selección de solo cinco (5) plataformas de IA para la experimentación representa una limitación de la presente investigación. Esta elección, condicionada por criterios de accesibilidad y funcionalidad, no permite abarcar la totalidad de las posibilidades que ofrecen otras plataformas, en especial aquellas con modelos de pago que podrían presentar características técnicas y resultados diferentes. Por ello, se sugiere que futuras investigaciones amplíen el espectro de análisis incluyendo un mayor número de herramientas, evaluando además otros aspectos relevantes del proceso de masterización y posproducción, con el fin de ofrecer una visión más completa y actualizada sobre el potencial y las limitaciones de la inteligencia artificial en esta área.

Como producto resultante de este proceso investigativo, la guía metodológica sistematiza estos hallazgos, facilitando la comprensión de las capacidades y limitaciones de la inteligencia artificial en la masterización. Este recurso web, accesible a través del enlace <https://masteriaguia.my.canva.site/masteria>, no solo ofrece una referencia práctica para profesionales y estudiantes, sino que también promueve un enfoque crítico en la integración de estas tecnologías. Si bien la IA no sustituye la experticia del ingeniero de masterización, su implementación consciente y estratégica puede contribuir a optimizar el proceso.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

## BIBLIOGRAFÍA

AI Song Contest (s.f.). Values. <https://www.aisongcontest.com/values>

Arroyo, A. (2020). *Metodología de la investigación en las ciencias empresariales*. Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/5402>

Bakuage. (s.f.). Automates Mastering. <https://bakuage.com/en/>

Banco Mundial (s.f.). Comercio de servicios (% del PIB) - Latin America & Caribbean. <https://datos.bancomundial.org/indicador/BG.GSR.NFSV.GD.ZS?end=2022&locations=ZJ&start=2020>

BandLab (s.f.). La mejor masterización en línea. <https://www.bandlab.com/mastering>

Betker, J., Goh, G., Jing, L., Brooks, T., Wang, J., Li, L., Ouyang, L., Zhuang, J., Lee, J., Guo, Y., Manassra, W., Dhariwal, P., Chu, C., Jiao, Y., & Ramesh, A. (s.f.) Improving Image Generation with Better Captions. <https://cdn.openai.com/papers/dall-e-3.pdf>

Birtchnell, T. (2018). Listening without ears: Artificial intelligence in audio mastering. *Big Data & Society*. <https://doi.org/10.1177/2053951718808553>

Birtchnell, T. & Elliott, A. (2018). Automating the black art: Creative places for artificial intelligence in audio mastering. *Geoforum*, 96, 77-86. <https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2018.08.005>

Bown, O. (2021). Sociocultural and Design Perspectives on AI-Based Music Production: Why Do We Make Music and What Changes if AI Makes It for Us? En Miranda, E.R. (Ed.) *Handbook of Artificial Intelligence for Music*. (pp. 1-20). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-72116-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-72116-9_1)

Brito, P., Villavicencio, C., & Sánchez, P. (2019). Reflexiones sobre posibles conflictos entre la inteligencia artificial y el futuro de la sociedad. *Revista de la Universidad del Zulia*, 10(28), 260-280. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8809779>

Cambridge Dictionary. (s.f.). <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/artificial-intelligence>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Collins, S., Renzo, A., Keith, S., & Mesker, A. (2021) Mastering 2.0: The Real or Perceived Threat of DIY Mastering and Automated Mastering Systems. *Popular Music and Society*, 44(3), 258-273. <https://doi.org/10.1080/03007766.2019.1699339>

Csaszar, F. A., Ketkar, H., & Kim, H. (2024). Artificial intelligence and strategic decision-making: Evidence from entrepreneurs and investors. *Strategy Science*, 9(4), 322–345. <https://doi.org/10.1287/stsc.2024.0190>

Gaiazzi, P. (2023). Inteligencia artificial y producción artística: el caso de la inteligencia asistida en la creatividad musical. *Poliedro*, IV(13), 9-20. <https://usi.edu.ar/publicacion-archivos/numero-13-poliedro/>

Gerlich, M. (2025). AI tools in society: Impacts on cognitive offloading and the future of critical thinking. *Societies*, 15(1), 1-28. <https://doi.org/10.3390/soc15010006>

Göknaar, E. (2020). *Major Label Mastering*. Focal Press.

Harvey, S. (2018). AI's Implications for Production Music. *Pro Sound News*, 40(10), 25–26. <https://ebSCO.bibliotecaITM.elogim.com/login.aspx?direct=true&db=bth&AN=133374602&lang=es&site=ehost-live>

Huang, M.-H., & Rust, R. T. (2018). Artificial Intelligence in Service. *Journal of Service Research*, 21(2), 155-172. <https://doi.org/10.1177/1094670517752459>

Katz, B. (2014). *Mastering Audio. The art and the science*. (3.er ed.). Focal Press.

Landr (s.f.). El primero. El mejor. Masterización de IA inigualable. <https://www.landr.com/es/masterizacion-audio-online/>

Mastering Studio. (s.f.). The best sound. <https://www.mastering.studio/>

Merriam-Webster. (s.f.). artificial intelligence. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/artificial%20intelligence>

Music Gateway. (s.f.). Free online mastering. <https://www.musicgateway.com/free-online-mastering>

OpenAI. (2023). GPT-4. <https://openai.com/research/gpt-4>

Owsinski, B. (2017). *The Mastering Engineer's Handbook*. (4.a ed.). Bobby Owsinski Media Group.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Oxford English Dictionary. (s.f.). artificial intelligence. [https://www.oed.com/dictionary/artificial-intelligence\\_n](https://www.oed.com/dictionary/artificial-intelligence_n)

Real Academia Española [@RAEinforma]. (2021, 8 de septiembre). #RAEconsultas A partir del anglicismo «master», usado en el ámbito audiovisual con el sent. de 'copia a partir de la. X. <https://twitter.com/RAEinforma/status/1435517415350226944>

Real Academia Española (s.f.). inteligencia artificial. <https://dle.rae.es/inteligencia>

Rich, E., Knight, K., & Nair, B. (2010). *Artificial Intelligence*. (3.ra ed.). McGraw Hill Education.

Robinson, K. (2023, octubre 11). Ghostwriter, la mente maestra detrás de la canción viral de Drake hecha con IA, habla por primera vez. *Billboard*. <https://www.billboard.com/espanol/musica/ghostwriter-inteligencia-artificial-primera-entrevista-exclusiva-1235440014/>

Salazar-Ceballos, A. (2018). La inteligencia artificial vs la inteligencia humana. *Duazary*, 15(3), 249 – 250. <https://doi.org/10.21676/2389783X.2412>

Sánchez, J. (2021, 10 de mayo) ¿Qué nos hace humanos ante la inteligencia artificial? *Instituto cultura y sociedad de la Universidad de Navarra*. <https://www.unav.edu/web/instituto-cultura-y-sociedad/publicaciones/ensayos/que-nos-hace-humanos-ante-la-inteligencia-artificial>

Stone, P., Brooks, R., Brynjolfsson, E., Calo, R., Etzioni, O., Hager, G., Hirschberg, J., Kalyan Krishnan, S., Kamar, E., Kraus, S., Leyton-Brown, K., Parkes, D., Press, W., Saxenian, A., Shah, J., Tambe, M., & Teller, A. (2016). *Artificial Intelligence and Life in 2030: One Hundred Year Study on Artificial Intelligence: Report of the 2015-2016 Study Panel*. Stanford University. <http://ai100.stanford.edu/2016-report>

Vismara, J. (2023, junio 9). La inteligencia artificial también compone y toca: ¿sueñan los androides con guitarras eléctricas? *Rolling Stone*. <https://es.rollingstone.com/arg-inteligencia-artificial-musica/>

Waves Audio (s.f.). Mastering Made Simple. <https://apps.waves.com/mastering>

What does A.I. mean for your music? (2023). *Electronic Musician*, 39(6), 12–16. <https://ebSCO.bibliotecaITM.elogim.com/login.aspx?direct=true&db=f5h&AN=163142777&lang=es&site=ehost-live>

 Institución Universitaria	INFORME FINAL TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	04
		Fecha	24-02-2020

Zhao, W. (2022). Inspired, but not mimicking: a conversation between artificial intelligence and human intelligence. *National Science Review*, 9(6). <https://doi.org/10.1093/nsr/nwac068>

Zhang, B., Lin, J. (2018). Elements of Music Based on Artificial Intelligence. En Mizera-Pietraszko, J. & Pichappan, P. (Eds.) *Lecture Notes in Real-Time Intelligent Systems. Advances in Intelligent Systems and Computing*, vol 613. (pp. 137-144). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-60744-3\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-319-60744-3_15)