



**MÁSTER EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES**

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL GRAN PREMIO DE
FÓRMULA 1 DE MADRID 2026 E IMPLEMENTACIÓN DE
SOLUCIONES TECNOLÓGICAS PARA LOGRAR UN
EVENTO CON CERO EMISIONES NETAS**

Autor

Javier Martín de San Pablo del Castillo

Director

Alejandro González San Román

Madrid, 07 de julio de 2024

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL GRAN PREMIO DE FÓRMULA 1 DE
MADRID 2026 E IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS
PARA LOGRAR UN EVENTO CON CERO EMISIONES NETAS
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2023/2024 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos. El Proyecto no es
plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido tomada
de otros documentos está debidamente referenciada.

Fdo.: Javier Martín de San Pablo del Castillo

Fecha: 08/07/2024

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'JAVIER', with a horizontal line underneath.

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO

Fdo.: Alejandro González San Román

Fecha: 10/07/2024

A handwritten signature in black ink, consisting of several overlapping loops and a horizontal line at the bottom.



**MÁSTER EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS
INDUSTRIALES**

TRABAJO DE FIN DE MÁSTER

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL GRAN PREMIO DE
FÓRMULA 1 DE MADRID 2026 E IMPLEMENTACIÓN DE
SOLUCIONES TECNOLÓGICAS PARA LOGRAR UN
EVENTO CON CERO EMISIONES NETAS**

Autor

Javier Martín de San Pablo del Castillo

Director

Alejandro González San Román

Madrid, 07 de julio de 2024

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han hecho posible la realización de este Trabajo de Fin de Máster. Este proyecto no habría sido posible sin el apoyo, la guía y la comprensión de muchos a lo largo de esta etapa crucial de mi formación académica.

En primer lugar, deseo agradecer profundamente a mi director de TFM, Alejandro González San Román. Su conocimiento, experiencia y apoyo constante han sido fundamentales para el desarrollo y la culminación de este trabajo. Gracias por sus valiosas sugerencias y por haber confiado en mí durante todo este proceso.

A mi familia y a Laura Lasso Porto, mi más sincero agradecimiento. Su amor, comprensión y apoyo incondicional han sido una gran fortaleza. Gracias por estar siempre a mi lado, por creer en mí y por brindarme el ánimo necesario para seguir adelante en los momentos más difíciles.

Finalmente, a mis amigos, que han sido una fuente constante de motivación y alegría. Gracias por acompañarme en esta maravillosa etapa universitaria. Vuestra compañía ha sido esencial para divertirme y mantenerme motivado.

A todos, muchísimas gracias. Este logro también es vuestro.

ANÁLISIS DEL IMPACTO DEL GRAN PREMIO DE FÓRMULA 1 DE MADRID 2026 E IMPLEMENTACIÓN DE SOLUCIONES TECNOLÓGICAS PARA LOGRAR UN EVENTO CON CERO EMISIONES NETAS

Autor: Martín de San Pablo del Castillo, Javier

Director: González San Román, Alejandro

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

Este TFM analiza el impacto del evento y propone soluciones tecnológicas para celebrar un Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid en 2026 con cero emisiones netas. Las estrategias permitirán reducir 15.000 toneladas de CO₂, impulsando el crecimiento económico y social de la ciudad, y posicionándola como líder en eventos deportivos sostenibles.

Palabras clave: Fórmula 1, Sostenibilidad, Cero emisiones netas

1. Introducción

El proyecto aborda la organización del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid en 2026, un evento de gran magnitud que marcará el retorno de la capital española al calendario de la F1 tras más de cuatro décadas. Este evento se celebrará en un circuito innovador ubicado en torno al centro de exposiciones IFEMA, combinando elementos de circuitos callejeros y permanentes.

La celebración del Gran Premio no solo promete un espectáculo deportivo de primer nivel, sino también un impulso significativo al crecimiento económico y al desarrollo sostenible de la ciudad.

2. Definición del proyecto

El presente Trabajo de Fin de Máster se centra en el análisis del impacto del evento y la propuesta de soluciones tecnológicas para la celebración de un Gran Premio de Fórmula 1 con cero emisiones netas en Madrid.

El objetivo es evaluar las implicaciones de este evento en términos de crecimiento económico y desarrollo sostenible, aplicando un enfoque integrado de sostenibilidad conocido como PPP (People, Planet, Profit). Este enfoque busca equilibrar el impacto social, medioambiental y económico del evento, asegurando beneficios amplios y duraderos para la ciudad de Madrid y sus habitantes.

3. Descripción del sistema seguido

- Diseño e implementación de un circuito sostenible: Se busca desarrollar y aplicar tecnologías de energía renovable para compensar las emisiones asociadas al evento.
- Estudio de viabilidad económica: Se analiza la rentabilidad del proyecto y su impacto en la economía local, considerando beneficios directos e indirectos como turismo y empleo.
- Análisis del impacto social y urbano: Se evalúa la participación ciudadana, la aceptación pública y el desarrollo de infraestructuras y servicios locales.
- Medición del impacto ambiental: Se cuantifica la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y se compara las prácticas sostenibles adoptadas en otros eventos deportivos.

4. Resultados

En el impacto económico, se espera que el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid unos beneficios netos anuales estimados en aproximadamente 520 millones de euros. Este impacto se verá reflejado en el aumento del turismo, la ocupación hotelera y el consumo en establecimientos locales. Adicionalmente, las soluciones tecnológicas propuestas contribuirán con un beneficio neto adicional de aproximadamente 50 millones de euros durante los diez primeros años. [1]

En el impacto social, la organización del evento generará aproximadamente 7.300 empleos, fomentando el desarrollo laboral y la capacitación profesional en la ciudad. Además, se

espera una participación activa de la comunidad en todas las fases del evento, asegurando que los beneficios se distribuyan equitativamente entre los residentes locales. [2]

En el impacto medioambiental, se implementarán tecnologías avanzadas y prácticas sostenibles para minimizar la huella de carbono del evento, contribuyendo al objetivo de la Fórmula 1 de alcanzar cero emisiones netas de carbono para 2030. El análisis de las tecnologías a implementar refleja una reducción de la huella de carbono de 15.000 toneladas de CO₂, logrando el objetivo de este TFM de transformar el Gran Premio de Madrid de F1 en un evento de cero emisiones netas. [3]

5. Conclusiones

El proyecto de convertir el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid en un evento con cero emisiones netas representa una oportunidad única para posicionar a la ciudad como un líder en innovación tecnológica y sostenibilidad. Mediante un enfoque integral y colaborativo, se cumplirá no solo con los objetivos de sostenibilidad de la Fórmula 1, sino también establecer un modelo a seguir para futuros eventos deportivos de gran envergadura. La realización de este proyecto contribuirá significativamente al desarrollo económico, social y medioambiental de Madrid, dejando un legado duradero y positivo para la ciudad y sus habitantes.

6. Bibliografía

[1] Cámara de Comercio de Madrid. (2024). "Impacto económico del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid". [Disponible en línea]

[2] Ayuntamiento de Madrid. (2024). "Estudio de viabilidad para la organización del Gran Premio de Fórmula 1". [Disponible en línea]

[3] FIA. (2022). "Plan de sostenibilidad de la Fórmula 1". [Disponible en línea]

IMPACT ANALYSIS OF THE 2026 MADRID FORMULA 1 GRAND PRIX AND IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS TO ACHIEVE A NET ZERO EMISSIONS EVENT

Author: Martín de San Pablo del Castillo, Javier

Supervisor: González San Román, Alejandro

Collaborating Entity: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

ABSTRACT

This Master's Thesis analyzes the impact of the event and proposes technological solutions to host a Formula 1 Grand Prix in Madrid in 2026 with net zero emissions. The strategies will reduce CO₂ emissions by 15,000 tons, boosting the economic and social growth of the city, and positioning it as a leader in sustainable sporting events.

Keywords: Formula 1, Sustainability, Net zero emissions

1. Introduction

The project addresses the organization of the Formula 1 Grand Prix in Madrid in 2026, a major event marking the return of the Spanish capital to the F1 calendar after more than four decades. This event will be held on an innovative circuit around the IFEMA exhibition center, combining elements of street and permanent circuits.

The Grand Prix promises not only a top-tier sporting spectacle but also a significant boost to the city's economic growth and sustainable development.

2. Project Definition

This Master's Thesis focuses on analyzing the impact of the event and suggesting technological solutions for hosting a net zero emission Formula 1 Grand Prix in Madrid.

The objective is to assess the implications of this event in terms of economic growth and sustainable development, applying an integrated sustainability approach known as PPP (People, Planet, Profit). This approach seeks to balance the social, environmental, and economic impact of the event, ensuring broad and lasting benefits for the city of Madrid and its residents.

3. System Description

- Design and implementation of a sustainable circuit: Developing and applying renewable energy technologies to offset the event's emissions, exploring future options like hydrogen.
- Economic feasibility study: Analyzing the project's profitability and its impact on the local economy, considering direct and indirect benefits such as tourism and employment.
- Social and urban impact analysis: Evaluating citizen participation, public acceptance, and the development of local infrastructures and services.
- Environmental impact measurement: Quantifying the reduction in greenhouse gas emissions and comparing sustainable practices adopted in other sporting events.

4. Results

In terms of economic impact, the Formula 1 Grand Prix in Madrid is expected to generate an estimated annual net benefit of approximately 520 million euros. This impact will be reflected in the increase in tourism, hotel occupancy, and consumption in local establishments. Additionally, the proposed technological solutions will contribute an additional net benefit of approximately 50 million euros over the first ten years. [1]

In the social impact, the event's organization will create approximately 7,300 jobs, fostering labor development and professional training in the city. Additionally, active community participation is expected in all event phases, ensuring equitable distribution of benefits among local residents. [2]

In the environmental impact, advanced technologies and sustainable practices will be implemented to minimize the event's carbon footprint, contributing to Formula 1's goal of achieving net zero carbon emissions by 2030. The analysis of the technologies to be

implemented shows a carbon footprint reduction of 15,000 tons of CO₂, achieving the objective of this thesis to transform the Madrid F1 Grand Prix into a net zero emission event. [3]

5. Conclusions

The project to turn the Madrid Formula 1 Grand Prix into a net zero emission event represents a unique opportunity to position the city as a leader in technological innovation and sustainability. Through an integral and collaborative approach, not only will the sustainability goals of Formula 1 be met, but also a model will be established for future large-scale sporting events. The realization of this project will significantly contribute to the economic, social, and environmental development of Madrid, leaving a lasting and positive legacy for the city and its inhabitants.

6. Bibliography

[1] Cámara de Comercio de Madrid. (2024). "Impacto económico del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid". [Available online]

[2] Ayuntamiento de Madrid. (2024). "Estudio de viabilidad para la organización del Gran Premio de Fórmula 1". [Available online]

[3] FIA. (2022). "Plan de sostenibilidad de la Fórmula 1". [Available online]

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	8
1.1 La Fórmula 1	8
1.2 Contextualización del Problema.....	9
1.3 Justificación del Estudio.....	11
Capítulo 2. Estado de la Cuestión	12
2.1 Evolución Tecnológica de la F1	12
2.1.1 Orígenes y Primeros Desarrollos.....	12
2.1.2 La Era de la Innovación Electrónica	12
2.1.3 La Revolución Híbrida del Siglo XXI.....	13
2.1.4 Hacia un Futuro con Cero Emisiones Netas	13
2.1.5 Avances Tecnológicos y Futuro de la F1	14
2.2 Energías Renovables en el Mundo del Motor	14
2.2.1 Rally Dakar	14
2.2.2 Fórmula 1 y Fórmula E.....	15
2.3 Estudios de Caso Sobre Eventos Deportivos Sostenibles	16
2.3.1 Acciona Open de España.....	16
2.3.2 Maratón de Londres	17
2.3.3 Copa América de Vela.....	18
2.4 Motivación del Proyecto	18
Capítulo 3. Informe de Responsabilidad Social	20
Capítulo 4. Definición del Trabajo	21
4.1 Objetivos	21
4.2 Metodología.....	22
4.2.1 Diseño de la Investigación	22
4.3 Planificación.....	23
Capítulo 5. Descripción de las Tecnologías.....	25
Capítulo 6. Circuito de Fórmula 1 de Madrid.....	26
6.1 Descripción General del Circuito	27

6.1.1	<i>Ubicación y Contexto Urbano</i>	27
6.1.2	<i>Diseño y Características Técnicas</i>	28
6.1.3	<i>Infraestructura e Instalaciones</i>	29
6.1.4	<i>Accesibilidad y Transporte</i>	31
6.2	Impacto Social (People)	32
6.2.1	<i>Participación y Aceptación Comunitaria</i>	33
6.2.2	<i>Impacto en el Turismo y la Cultura Local</i>	35
6.2.3	<i>Desarrollo de Infraestructuras y Servicios Públicos</i>	38
6.2.4	<i>Oportunidades Laborales y Formación</i>	39
6.3	Impacto Medioambiental (Planet)	41
6.3.1	<i>Biodiversidad y Espacios Naturales</i>	42
6.3.2	<i>Gestión de Residuos y Recursos Hídricos</i>	44
6.3.3	<i>Sensibilización y Educación Ambiental</i>	45
6.3.4	<i>Colaboración con Iniciativas Locales de Sostenibilidad</i>	46
6.4	Impacto Económico (Profit)	47
6.4.1	<i>Análisis Coste – Beneficio del Proyecto</i>	47
6.4.2	<i>Impacto en la Economía Local</i>	52
6.4.3	<i>Fuentes de Financiación</i>	55
	Capítulo 7. Estudio y Diseño Energético	60
7.1	<i>Metodología del Análisis</i>	60
7.2	Consumo Energético Total	60
7.2.1	<i>Infraestructura y Construcción</i>	61
7.2.2	<i>Operación del Evento</i>	62
7.2.3	<i>Actividades de Transporte y Logística</i>	62
7.2.4	<i>Actividades de Servicios y Hospitalidad</i>	63
7.3	Emisiones de Scope 1	64
7.3.1	<i>Emisiones por Combustión de Combustibles</i>	64
7.3.2	<i>Emisiones por Servicios de Seguridad y Emergencia</i>	64
7.4	Emisiones de Scope 2	65
7.4.1	<i>Consumo de Electricidad</i>	65
7.5	Emisiones de Scope 3	65
7.5.1	<i>Transporte de Espectadores y Participantes</i>	66
7.5.2	<i>Fabricación y Transporte de Equipos</i>	66

7.5.3 Residuos y Gestión de Residuos	66
7.6 Comparación con el Gran Premio de Las Vegas 2023	67
7.6.1 Análisis Comparativo	67
7.6.2 Lecciones Aprendidas y Medidas de Mitigación	67
7.7 Conclusión.....	68
Capítulo 8. Decálogo de Soluciones Tecnológicas.....	69
8.1 Medición de las Emisiones del Circuito y Gestión Energética Eficiente mediante IA	69
8.1.1 Introducción a la Solución	69
8.1.2 Implementación de la Solución.....	69
8.1.3 Impacto Medioambiental.....	70
8.1.4 Impacto Social.....	71
8.1.5 Impacto Económico	72
8.1.6 Próximos Pasos	73
8.1.7 Conclusión.....	74
8.2 Placas Solares.....	74
8.2.1 Introducción a la Solución	74
8.2.2 Implementación de la Solución.....	75
8.2.3 Consideraciones Técnicas y Recomendaciones	77
8.2.4 Impacto Medioambiental.....	78
8.2.5 Impacto Social.....	80
8.2.6 Impacto Económico	80
8.2.7 Beneficios Adicionales.....	82
8.2.8 Próximos Pasos	82
8.2.9 Conclusión.....	83
8.3 Parque Eólico	84
8.3.1 Introducción a la Solución	84
8.3.2 Implementación de la Solución.....	84
8.3.3 Impacto Medioambiental.....	85
8.3.4 Impacto Social.....	87
8.3.5 Impacto Económico	87
8.3.6 Próximos Pasos	88
8.4 Transportes Basados en Hidrógeno Verde	88
8.4.1 Introducción a la Solución	88

8.4.2	<i>Implementación de la Solución</i>	89
8.4.3	<i>Impacto Medioambiental</i>	90
8.4.4	<i>Impacto Social</i>	91
8.4.5	<i>Impacto Económico</i>	92
8.4.6	<i>Próximos Pasos</i>	93
8.4.7	<i>Conclusiones</i>	94
8.5	Creación de Espacios Verdes	94
8.5.1	<i>Introducción a la solución</i>	94
8.5.2	<i>Implementación de la solución</i>	95
8.5.3	<i>Impacto medioambiental</i>	95
8.5.4	<i>Impacto social</i>	98
8.5.5	<i>Impacto económico</i>	98
8.5.6	<i>Próximos pasos</i>	101
8.5.7	<i>Conclusión</i>	102
8.6	Optimización de la Logística y Transporte de Materiales y Equipos.....	102
8.6.1	<i>Introducción a la Solución</i>	102
8.6.2	<i>Implementación de la Solución</i>	103
8.6.3	<i>Cálculos y Fórmulas de Optimización</i>	104
8.6.4	<i>Impacto Medioambiental</i>	104
8.6.5	<i>Impacto Social</i>	105
8.6.6	<i>Impacto Económico</i>	106
8.6.7	<i>Próximos Pasos</i>	107
8.7	Integración de Tecnologías de Construcción Sostenible en Nuevas Infraestructuras	108
8.7.1	<i>Introducción a la Solución</i>	108
8.7.2	<i>Implementación de la Solución</i>	108
8.7.3	<i>Impacto Medioambiental</i>	109
8.7.4	<i>Impacto Social</i>	110
8.7.5	<i>Impacto Económico</i>	111
8.7.6	<i>Próximos Pasos</i>	112
8.7.7	<i>Conclusión</i>	113
8.8	Aplicación de Revestimientos Fotocatalíticos en Superficies del Circuito	114
8.8.1	<i>Introducción a la Solución</i>	114
8.8.2	<i>Implementación de la Solución</i>	114

8.8.3	<i>Impacto Medioambiental</i>	115
8.8.4	<i>Impacto Social</i>	117
8.8.5	<i>Impacto Económico</i>	117
8.8.6	<i>Próximos Pasos</i>	119
8.8.7	<i>Conclusión</i>	119
8.9	Gestión Inteligente de Residuos	120
8.9.1	<i>Introducción a la Solución</i>	120
8.9.2	<i>Implementación de la Solución</i>	120
8.9.3	<i>Impacto Medioambiental</i>	122
8.9.4	<i>Impacto Social</i>	123
8.9.5	<i>Impacto Económico</i>	124
8.9.6	<i>Próximos Pasos</i>	125
8.9.7	<i>Conclusión</i>	126
8.10	Sistemas de Refrigeración y Calefacción Geotérmica	127
8.10.1	<i>Introducción a la Solución</i>	127
8.10.2	<i>Implementación de la Solución</i>	127
8.10.3	<i>Impacto Medioambiental</i>	129
8.10.4	<i>Impacto Social</i>	130
8.10.5	<i>Impacto Económico</i>	131
8.10.6	<i>Próximos Pasos</i>	132
8.10.7	<i>Conclusión</i>	133
8.11	Priorización de Inversiones	133
8.11.1	<i>Matriz de Priorización</i>	134
8.11.2	<i>Recomendaciones de Inversión</i>	135
8.11.3	<i>Conclusión</i>	136
Capítulo 9. Retos y Desafíos		138
9.1	Obstáculos en la Implementación del Proyecto	138
9.1.1	<i>Retos Tecnológicos</i>	138
9.1.2	<i>Desafíos Económicos</i>	138
9.1.3	<i>Barreras Sociales y Comunitarias</i>	139
9.1.4	<i>Impacto Medioambiental</i>	139
9.2	Posibles Soluciones a los Desafíos Identificados	140
9.2.1	<i>Innovación y Desarrollo Tecnológico</i>	140

9.2.2 Estrategias de Financiación y ROI	140
9.2.3 Participación Comunitaria.....	140
9.2.4 Gestión Medioambiental	141
Capítulo 10. Conclusiones y Trabajos Futuros.....	142
10.1 Resumen de los Hallazgos.....	142
10.1.1 Reducción de Emisiones de CO ₂	142
10.1.2 Impacto Social.....	143
10.1.3 Impacto Económico.....	143
10.2 Contribuciones del Estudio	144
10.2.1 Contribuciones Tecnológicas	144
10.2.2 Contribuciones Ambientales.....	145
10.2.3 Contribuciones Económicas.....	145
10.2.4 Contribuciones Sociales	146
10.2.5 Contribuciones al Conocimiento Académico y Profesional.....	146
10.3 Limitaciones del Estudio	146
10.3.1 Limitaciones Metodológicas.....	146
10.3.2 Limitaciones de Datos	147
10.3.3 Limitaciones de Implementación.....	147
10.3.4 Limitaciones de Contexto	148
10.3.5 Limitaciones en la Evaluación de Impacto Social y Económico.....	148
10.4 Futuras Investigaciones	149
10.4.1 Desarrollo y Optimización de Tecnologías Sostenibles	149
10.4.2 Análisis de Impacto Ambiental y Mitigación.....	149
10.4.3 Impacto Económico y Social	150
10.4.4 Comparación y Lecciones de Otros Eventos.....	150
10.4.5 Innovación y Transferencia de Conocimientos	151
10.5 Recomendaciones al Policy Maker	152
10.5.1 Modificación de Leyes de Energías Renovables	152
10.5.2 Ajustes en la Legislación de Transporte y Movilidad	153
10.5.3 Revisión de Normativas sobre Gestión de Residuos.....	153
10.5.4 Flexibilización de Normativas sobre Construcción y Urbanismo.....	154
10.6 Recomendaciones para la Implementación Práctica	155
10.6.1 Planificación y Coordinación.....	155

<i>10.6.2 Participación y Aceptación Comunitaria</i>	156
<i>10.6.3 Monitoreo y Evaluación</i>	156
<i>10.6.4 Estrategias de Comunicación y Educación</i>	156
<i>10.6.5 Colaboración y Alianzas Estratégicas</i>	157
Capítulo 11. Bibliografía	158
Anexo I. Desglose del Impacto Económico del Evento	166
Anexo II. Desglose del Impacto Económico de las Soluciones Tecnológicas	167

Índice de figuras

Figura 1. Cronograma de Trabajo.....	24
Figura 2. Matriz de priorización de las soluciones tecnológicas	135

Índice de ilustraciones

Ilustración 1. Circuito GP de España 2026	28
---	----

Índice de tablas

Tabla 1. Desglose del impacto económico del Gran Premio de F1 de Madrid 2026	166
Tabla 2. Desglose del impacto económico de las soluciones tecnológicas en el primer año	167
Tabla 3. Desglose del impacto económico de las soluciones tecnológicas durante los 10 primeros años de vida.....	167

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 LA FÓRMULA 1

La Fórmula 1, reconocida como la máxima expresión del automovilismo a nivel mundial, se caracteriza por ser el puente de unión entre la ingeniería y el deporte. [1]

También conocida como F1, la competición cuenta con los 20 atletas más hábiles e intrépidos de todo el planeta al volante y con tan solo 400 ingenieros procedentes de las mejores escuelas del mundo, siendo estos últimos los encargados de elevar el rendimiento de cada coche al máximo nivel, aplicando diariamente los conocimientos aprendidos en sus estudios y solventando problemas continuos que surgen de la exigencia de las carreras a las que estos bólidos son sometidos.

Desde sus inicios en los años 50, la Fórmula 1 ha experimentado una transformación constante, pasando de ser una simple competición automovilística a convertirse en un fenómeno cultural global.

Cada año, la temporada de Fórmula 1 se compone de una serie de Grandes Premios donde los pilotos no solo buscan la victoria en cada carrera, sino también acumular puntos que les acerquen al prestigioso título mundial de pilotos y al campeonato de constructores para sus equipos. Además de la velocidad pura, la Fórmula 1 es famosa por su complejidad táctica: las decisiones sobre cuándo cambiar neumáticos, el momento ideal para entrar a boxes y las estrategias de adelantamiento son fundamentales.

Con una multitud de seguidores entusiastas y eventos que atraen a millones de espectadores en todo el mundo, la Fórmula 1 ofrece no solo un espectáculo de velocidad y emoción, sino que también se ha consolidado como un fenómeno cultural que supera las barreras nacionales.

El potencial que la Fórmula 1 ofrece como plataforma internacional para la promoción de tecnologías sostenibles y prácticas respetuosas con el medio ambiente es incommensurable. Es por ello que este proyecto busca explorar la posibilidad de transformar un Gran Premio de F1 en un catalizador para la adopción prácticas sostenibles con un impacto positivo en la ciudad de Madrid.

La elección de Madrid como escenario para llevar a cabo este proyecto no es aleatoria. La capital española, con su rica historia, atractivo internacional y crecimiento urbano constante, se presenta como la mejor opción para convertirse en el motor del cambio de la F1 a partir del año 2026.

Mediante el diseño de las soluciones necesarias para transformar el futuro GP de Madrid en un circuito con cero emisiones netas, y el análisis del impacto en la ciudad empleando un enfoque PPP (People, Planet and Profit), este trabajo se situará en la intersección entre la innovación tecnológica, la sostenibilidad y el desarrollo económico, aspirando a ofrecer una visión integral y práctica para la realización de eventos deportivos de gran envergadura con un enfoque sostenible.

1.2 CONTEXTUALIZACIÓN DEL PROBLEMA

Las carreras de Fórmula 1 tienen un impacto significativo en el medio ambiente, dejando una considerable huella de carbono y consumiendo una gran cantidad de recursos naturales. Los motores de combustión interna de los monoplazas emiten gases de efecto invernadero, lo que contribuye al cambio climático y deteriora la calidad del aire en las áreas cercanas a los circuitos. Además, la infraestructura requerida para organizar un evento de F1, que abarca desde las instalaciones para los equipos hasta las zonas destinadas al público, demanda una cantidad sustancial de energía y recursos.

La Fórmula 1 calculó a finales de 2019 que la huella de carbono de todo el campeonato de ese mismo año fue de, aproximadamente, 256.000 toneladas de CO₂. Además, en este informe se muestran las diferentes actividades, divididas por categorías, involucradas en la emisión de gases nocivos, junto con el porcentaje que representan del total. Dividiendo estas

actividades en cinco grandes bloques y ordenándolas de mayor a menor consumo, obtenemos: [2]

1. *Logística*. En esta categoría se incluyen todos los transportes de mercancías, ya sea por tierra, aire o mar, necesarios para la realización del evento. Esta categoría representa el 45,0% de la huella de carbono.
2. *Viajes*. Se incluyen todos los transportes de personas y el impacto de los hoteles en los que se alojan, teniendo en cuenta empleados, socios y asistentes al evento. Representa un 27,7% del total de emisiones.
3. *Fábricas y oficinas*. Incluye las fábricas en las que trabajan los ingenieros y equipos, además de las oficinas desde las que se gestiona la correcta puesta a punto del evento. Estas actividades representan el 19,3%.
4. *Operaciones en los eventos*. Esta categoría incluye todo el impacto durante la realización del evento. Retransmisiones de TV, operaciones del Paddock, carreras de soporte, energía usada en los circuitos, etc., son algunos ejemplos de las actividades incluidas en esta categoría. Cabe destacar que se excluye de ésta las emisiones de los motores de los coches durante la competición. Las operaciones en los eventos representan el 7,3% de la huella de carbono total.
5. *Emisiones de los motores de los coches en competición*. Esta actividad, separada de la anterior categoría dada su especial interés, solamente representa el 0,7% de las emisiones totales.

Es común hablar del alto consumo de los coches de competición como una gran fuente de emisiones, sin embargo, esta actividad solamente representa el 0,7% de la huella de carbono total del circuito. Si se tienen en cuenta solamente las actividades realizadas en el circuito durante la semana de la carrera, se obtiene el 8,0% de las emisiones totales, siendo el porcentaje restante debido a operaciones previas de preparación y viajes.

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Los datos de huella de carbono muestran la necesidad de realizar estudios y análisis para poder llevar a cabo mejoras que guíen la Fórmula 1 a ser un evento más respetuoso con el medioambiente, siendo necesario cuadrar los esfuerzos en la dirección correcta.

Por otro lado, a nivel internacional, se observa un creciente interés por adoptar prácticas sostenibles en eventos deportivos, respaldado por normativas y leyes que buscan incentivar la responsabilidad ambiental. Tanto las organizaciones gubernamentales como las no gubernamentales están activamente promoviendo iniciativas que faciliten la transición hacia eventos deportivos más ecológicos. Debido a estos movimientos, la F1 anunció a finales del año 2022 su interés en reducir su huella de carbono con el objetivo de alcanzar cero emisiones netas en 2030 [3].

Por todo ello, lograr un circuito con cero emisiones netas en Madrid para el año 2026 cuenta con un gran interés tanto internacional como regional, pudiendo alinearse con los intereses europeos en la reducción de la huella de carbono a la par que posicionar a la ciudad de Madrid como uno de los grandes pioneros tecnológicos a nivel mundial.

Capítulo 2. ESTADO DE LA CUESTIÓN

2.1 EVOLUCIÓN TECNOLÓGICA DE LA F1

La Fórmula 1 ha recorrido un camino impresionante desde sus inicios humildes en la década de 1950 hasta convertirse en una de las disciplinas automovilísticas más avanzadas y tecnológicamente sofisticadas del mundo. A lo largo de los años, esta competición ha sido pionera en la implementación de innovaciones que no solo han aumentado la velocidad, sino también la eficiencia de los monoplazas.

Los equipos, impulsados por el deseo de obtener ventajas tecnológicas, han jugado un papel crucial en esta evolución. Recientemente, la F1 ha centrado sus esfuerzos en desarrollar tecnologías que disminuyan su impacto ambiental y promuevan la sostenibilidad.

2.1.1 ORÍGENES Y PRIMEROS DESARROLLOS

En sus primeros años, la Fórmula 1 se caracterizaba por un enfoque en la potencia del motor y la habilidad del conductor, con menor énfasis en la tecnología avanzada. Sin embargo, incluso durante la década de 1950, se lograron avances significativos.

La introducción de los motores de posición trasera en la década de 1960 transformó el equilibrio y la maniobrabilidad de los coches, iniciando una era de innovación y progreso tecnológico.

2.1.2 LA ERA DE LA INNOVACIÓN ELECTRÓNICA

Durante las décadas de 1970 y 1980, la Fórmula 1 comenzó a asemejarse más a la competición moderna. Los equipos empezaron a utilizar la electrónica para mejorar el rendimiento de los vehículos. Innovaciones como los sistemas de inyección de combustible controlados electrónicamente y los sistemas de encendido fueron introducidos.

Posteriormente, tecnologías como la telemetría y los sistemas de control de tracción permitieron a los equipos monitorizar y ajustar el rendimiento del coche en tiempo real, haciendo de la recopilación y análisis de datos una parte esencial de la estrategia.

2.1.3 LA REVOLUCIÓN HÍBRIDA DEL SIGLO XXI

El inicio del siglo XXI trajo consigo una mayor sofisticación en la Fórmula 1, con un papel destacado para la electrónica y la informática. Se introdujo el Control de Estabilidad (ESC), mejorando el manejo de los autos al controlar cada rueda individualmente.

Además, la adopción de la tecnología híbrida combinó motores de combustión interna con sistemas eléctricos. Los sistemas de recuperación de energía (ERS), como el KERS (Kinetic Energy Recovery System), permitieron a los coches almacenar y liberar energía durante las frenadas y aceleraciones.

2.1.4 HACIA UN FUTURO CON CERO EMISIONES NETAS

La Fórmula 1 se ha comprometido con la sostenibilidad y la reducción de emisiones, dirigiéndose hacia un futuro con cero emisiones netas. En 2022, se anunció que la competición planea ser completamente neutral en carbono para 2030.

Este objetivo implica reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y compensar las restantes a través de proyectos de conservación y energías renovables. Los planes de la FIA incluyen la transición a combustibles sostenibles como biocombustibles y combustibles sintéticos, la implementación de tecnologías de captura de carbono y compensaciones ambientales, y la exploración de nuevas tecnologías como la propulsión eléctrica y el hidrógeno.

Además, se han establecido regulaciones más estrictas sobre la eficiencia de combustible y las emisiones de carbono, incentivando a los fabricantes a desarrollar unidades de potencia más eficientes y limpias, destacándose la introducción de los motores V6 turbo híbridos en 2014.

2.1.5 AVANCES TECNOLÓGICOS Y FUTURO DE LA F1

La Fórmula 1 continuará siendo un campo de batalla para la innovación tecnológica. Herramientas como la simulación por ordenador, la aerodinámica avanzada, los materiales ligeros, la impresión 3D y la inteligencia artificial jugarán roles cruciales.

La F1 seguirá liderando la adopción de nuevas tecnologías, que posteriormente se aplicarán en los coches de carretera, manteniendo su posición como referente tecnológico en la industria automovilística durante los próximos años.

2.2 ENERGÍAS RENOVABLES EN EL MUNDO DEL MOTOR

En el dinámico ámbito del automovilismo, donde predominan la velocidad y la competición, las energías renovables han surgido como un factor revolucionario. Tanto en las pistas de Fórmula 1 como en los exigentes escenarios del Rally Dakar, la innovación tecnológica y la creciente conciencia ambiental se han unido para crear un futuro más limpio y sostenible.

2.2.1 RALLY DAKAR

El Rally Dakar, famoso por su extrema dureza y desafíos, se ha convertido en un escenario clave para la electrificación en el automovilismo. En 2024, Audi Sport introdujo el Audi RS Q e-tron, un vehículo eléctrico con propulsión híbrida diseñado para enfrentar los rigores del desierto. ¿Qué distingue a este coche? [4]

- *Motorización Híbrida:* El RS Q e-tron combina un motor eléctrico con un sistema de propulsión de hidrógeno. Esta combinación de energías proporciona una mayor autonomía y una respuesta rápida en terrenos difíciles.
- *Rendimiento:* A pesar de ser un vehículo eléctrico, el RS Q e-tron no compromete su rendimiento. Ha conseguido seis victorias de etapa y 22 podios, demostrando que la electrificación puede ir de la mano con la alta performance.

- *Seguridad y Sostenibilidad:* La electrificación no solo se centra en la velocidad. El RS Q e-tron está equipado con avanzados sistemas de seguridad y está diseñado para reducir su impacto ambiental mediante el uso de energías limpias.

2.2.2 FÓRMULA 1 Y FÓRMULA E

Transformar un Gran Premio de F1 en un evento de cero emisiones netas implica compensar las fuentes de energía dañinas para el medioambiente con tecnologías renovables. La adopción de energías renovables ya desarrolladas y conocidas como la energía solar será fundamental para cumplir con los objetivos de este proyecto. Proyectos como el GP de Silverstone en el Reino Unido ya han demostrado la fiabilidad y beneficio de la instalación de paneles solares en los circuitos, proporcionando energía limpia y reduciendo costes operativos en el largo plazo. [5]

Por otro lado, es necesario analizar la integración de un parque eólico en las proximidades del circuito para complementar la energía solar proveniente de los paneles solares. Además, se explorarán diferentes tecnologías emergentes como la producción de hidrogeno verde a partir de energía renovable. Dicha tecnología, aunque menos desarrollada, ofrece soluciones de almacenamiento y movilidad sostenible al circuito.

Vivencias pasadas, como la creación de la Fórmula E, una competición automovilística sostenible bajo la categoría de automóviles eléctricos que ha impulsado la innovación en baterías, sistemas de recuperación de energía y aerodinámica, han demostrado el entusiasmo y compromiso de la comunidad por la transición hacia prácticas más sostenibles en el mundo del motor. [6]

Un ejemplo de esto es que incluso en la Fórmula 1, una categoría tradicionalmente ligada a los motores de combustión interna, se ha incrementado la incorporación de tecnologías de energías renovables en los últimos años. Aunque los motores híbridos de la F1 todavía dependen considerablemente de los combustibles fósiles, se están buscando alternativas más sostenibles, como los biocombustibles y los combustibles sintéticos.

En 2022, durante la competición regional de Fórmula 1 en Francia, conocida como F4 francesa, los vehículos usaron biocombustibles 100% renovables en lugar de combustibles convencionales, lo que disminuyó las emisiones de carbono asociadas a la competición. Además, varios equipos de F1 están investigando y desarrollando tecnologías de propulsión eléctrica y de hidrógeno como posibles soluciones a largo plazo para reducir aún más su impacto ambiental. [7]

Finalmente, la utilización de energías renovables fomenta la concienciación ciudadana a la par que se alinea con los objetivos de la Unión Europea, como es el caso del hidrógeno con el plan REPowerEU. Mediante la implementación de estas tecnologías en el circuito se integra a proveedores locales en la cadena de suministro, lo cual impulsa la economía local y fortalece los lazos entre la comunidad y el evento. [8]

2.3 ESTUDIOS DE CASO SOBRE EVENTOS DEPORTIVOS SOSTENIBLES

En un contexto global donde la conciencia ambiental se ha vuelto primordial, los eventos deportivos están adoptando cada vez más prácticas sostenibles. Desde las pistas de tenis hasta los estadios de fútbol, los organizadores están buscando maneras de reducir su huella de carbono y fomentar la sostenibilidad. Algunos ejemplos destacados que pueden servir de referencia para el proyecto de la Fórmula 1 son:

2.3.1 ACCIONA OPEN DE ESPAÑA

El Acciona Open de España, un prestigioso torneo de golf, se ha posicionado como un referente en sostenibilidad dentro del ámbito deportivo. Organizado por Madrid Trophy Promotion, este evento ha obtenido la certificación oficial de “cero emisiones”. ¿Qué características lo distinguen?

- *Biocombustibles y Energía Renovable:* Durante el torneo, se emplean biocombustibles avanzados y energía renovable para alimentar tanto los generadores

eléctricos como los vehículos de transporte. Esto contribuye a una notable reducción en las emisiones de gases de efecto invernadero.

- *Gestión de Residuos*: Se han implementado sistemas de reciclaje y compostaje en todas las áreas del torneo. Los residuos son cuidadosamente clasificados para minimizar su impacto ambiental.
- *Transporte Eficiente*: Los organizadores fomentan el uso compartido de vehículos y el transporte público para los asistentes. Además, se impulsa el uso de bicicletas eléctricas para disminuir la huella de carbono. [9]

2.3.2 MARATÓN DE LONDRES

En 2024, la famosa maratón de Londres tiene como objetivo convertirse en un evento de cero emisiones netas en todas las operaciones que se encuentran bajo su control. Esto quiere decir que no tienen en cuenta las emisiones producidas por actividades de su cadena de valor que se encuentran fuera de su alcance, como pueden ser los viajes de los participantes.

Sin embargo, se han comprometido a tener estas actividades en cuenta y eliminar más carbono del que emiten en todas sus operaciones para finales de 2025. Estas son algunas de las estrategias que van a emplear para lograrlo:

- *Electrificación de vehículos y utilización de transportes sin emisiones de carbono*: Desde el año 2020 emplean vehículos eléctricos de segunda mano. Además, en el año 2022 introdujeron furgonetas eléctricas y bicicletas de carga para la logística, e implementaron el uso de aceite vegetal hidrotratado como combustible y en la alimentación de generadores.
- *Reducción de los residuos destinados a la incineración y fomentar la circularidad*: Para ello realizan numerosas acciones entre las que se incluyen el aumento de la cantidad de materiales reciclados en los productos que compran, la separación de residuos en los lugares del evento y la introducción de opciones de exclusión voluntaria para camisetas y medallas en ciertos eventos.

Por último, para compensar todas las emisiones restantes que no son capaces de eliminar, invierten en compensaciones de alta calidad. [10]

2.3.3 COPA AMÉRICA DE VELA

La Copa América de Vela 2024, que tendrá lugar en Barcelona, es un evento apasionante que congrega a los navegantes más habilidosos del mundo en una competencia por la prestigiosa Copa de Plata. Aunque actualmente no sea un evento de cero emisiones netas, sí que ha tomado medidas significativas que le permiten avanzar hacia su objetivo net zero.

Esta competición incluye muchas de las medidas de los eventos anteriormente comentados, entre las que se incluye el uso de energía renovable, la compensación de la huella de carbono y la gestión de residuos. Sin embargo, la Copa América de Vela se caracteriza por una solución innovadora, transporte propulsado por hidrógeno.

Los organizadores del evento, tras un estudio detallado de las emisiones de carbono, demostraron que los barcos de apoyo eran uno de los principales contribuyentes a la contaminación de las regatas. Tras este descubrimiento y debido a su búsqueda de innovaciones tecnológicas sostenibles dieron con la solución, una embarcación propulsada por hidrógeno. [11]

Esta innovadora solución tiene capacidad para seis personas y fue desarrollada y comprobada en menos de un año. Demostrando así la viabilidad de los transportes basados en hidrógeno verde en los eventos deportivos.

2.4 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

Mi motivación para llevar a cabo el Gran Premio de F1 de Madrid con cero emisiones netas reside en la necesidad actual de abordar los desafíos existentes en torno a la sostenibilidad, el crecimiento económico y el desarrollo de la ciudad.

En primer lugar, existe una urgencia mundial de enfrentar el cambio climático y reducir los gases de efecto invernadero. La Fórmula 1, dada su gran visibilidad mediática y su alcance

global, tiene la oportunidad y la obligación de ser pionera en la transformación del deporte de motor hacia una práctica más respetuosa con el medioambiente. Ayudar a liderar este cambio, implementando tecnologías que habiliten las cero emisiones netas en el circuito, es una de las principales motivaciones para este proyecto.

En segundo lugar, Madrid, como ciudad anfitriona y líder de este cambio, se beneficiará enormemente a nivel económico a través de la rentabilidad del proyecto y del desarrollo urbano, atrayendo inversiones, fomentando el turismo y la generación de empleo local.

Por otro lado, fomentar la utilización de energías renovables en el ámbito deportivo posicionará a Madrid como una ciudad comprometida con la innovación tecnológica y el medioambiente.

En resumen, la motivación de este proyecto reside en la oportunidad de desarrollar tecnologías sostenibles en un escenario innovador, convirtiendo a la Fórmula 1 y a Madrid en el motor del cambio hacia un futuro sostenible en la industria automovilística.

Capítulo 3. INFORME DE RESPONSABILIDAD

SOCIAL

Con el fin de hacer del mundo un lugar mejor para todos, la Naciones Unidas adoptaron en 2015 los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) [12]. Su función es proteger el planeta, poner fin a la pobreza y garantizar la paz y prosperidad de todas las personas para el año 2030. Por estas razones, el proyecto se alinearán en la medida de lo posible con dichos objetivos, sumándose a la causa y tratando de convertir el planeta en un lugar mejor para todos.

- *ODS 7: Energía Asequible y No Contaminante.* Se abordará esta ODS mediante la implementación de energías renovables en el circuito para lograr cero emisiones netas, contribuyendo a la utilización de fuentes de energía más limpias y sostenibles.
- *ODS 8: Trabajo Decente y Crecimiento Económico.* Se cumplirá a través de la generación de empleo local durante la creación y operación del circuito, estimulando el crecimiento económico mediante la atracción de inversores y turismo.
- *ODS 11: Ciudades y Comunidades Sostenibles.* Debido a la implementación de tecnologías sostenibles y favorables para el medio ambiente, se contribuye al desarrollo de la ciudad de Madrid hacia una comunidad sostenible.
- *ODS 13: Acción por el Clima.* Por los motivos comentados anteriormente, este proyecto cumple con la ODS nº13, sirviendo como guía para la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero asociadas a competiciones deportivas, y en especial, relacionadas con el mundo del motor.

Mediante la alineación con estos ODS, se demuestra el compromiso del proyecto con los objetivos de las Naciones Unidas, guiándonos hacia un futuro más sostenible y respetuoso con el medioambiente. Cumpliendo así mismo con el objetivo de desarrollar las ciudades en los aspectos económico y social, aspectos esenciales para la prosperidad en el largo plazo.

Capítulo 4. DEFINICIÓN DEL TRABAJO

4.1 OBJETIVOS

Este trabajo abordará los desafíos y oportunidades de convertir el futuro GP de Madrid en un circuito de cero emisiones netas. Para ello, existen ciertos objetivos específicos que guiarán la correcta ejecución de las fases del proyecto comentadas en la sección 4.3.

- *Diseño e implementación de un circuito sostenible.* Se diseñará la integración de tecnologías de energía renovable en el circuito, compensando las emisiones no renovables asociadas al evento y explorando opciones a futuro como el hidrógeno.
- *Estudio de viabilidad económica.* Se analizará la viabilidad económica del proyecto, teniendo en cuenta las inversiones asociadas con la transformación del circuito hacia cero emisiones netas. Se estudiarán métricas clave como el retorno de la inversión esperado, teniendo en cuenta beneficios directos e indirectos para la ciudad, e.g. turismo, empleo y desarrollo local.
- *Análisis del impacto social y urbano.* Se investigará y cuantificará el impacto social en la ciudad de Madrid, algunos de los factores clave a analizar serán la participación ciudadana, aceptación pública, y desarrollo de infraestructuras y servicios locales.
- *Medición del impacto ambiental.* Se cuantificarán las emisiones de gases de efecto invernadero reducidas gracias a la implementación de tecnologías de cero emisiones. Además, se comparará con las prácticas sostenibles adoptadas en otros eventos deportivos y en la propia F1.
- *Generación de conocimiento y conciencia.* Se difundirán los resultados y experiencias del proyecto a través de plataformas educativas e instituciones interesadas, fomentando la conciencia pública en relación a eventos sostenibles y su contribución al desarrollo.

4.2 METODOLOGÍA

Tanto la implementación de las diferentes tecnologías como el propio proyecto de traer un Gran Premio de F1 a Madrid tendrán un gran impacto en la ciudad. Para analizarlo, y con el motivo de seguir una estructura organizada, se empleará el ya comentado enfoque PPP (People, Planet and Profit, en inglés).

4.2.1 DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

El enfoque hacia las personas se centra en analizar el impacto social y la participación comunitaria. El GP de Madrid no se trata solamente de un proyecto deportivo, sino de una oportunidad de generar empleo local durante la construcción y operación del circuito.

El enfoque hacia el planeta se centra en analizar la responsabilidad ambiental del circuito, tomando un rol diferencial de cara a cumplir el objetivo principal del proyecto, lograr un GP de Fórmula 1 con cero emisiones netas.

En este ámbito, tecnologías ya desarrolladas, con una cadena de suministro estable y amplios recursos naturales, como la energía solar y eólica pueden servir de base durante los primeros años del proyecto. Mientras que tecnologías innovadoras y menos desarrolladas como el hidrógeno pueden analizarse como objetivo a largo plazo.

El enfoque económico busca analizar la viabilidad económica del proyecto y el desarrollo a largo plazo. Para ello, se estudiarán tanto aspectos propios del proyecto como beneficios indirectos.

La atracción de patrocinadores, fuentes de ingresos, costes, rentabilidad de las inversiones... se estudiarán para analizar la viabilidad económica del proyecto. Por otro lado, la generación de empleo, atracción de turistas y empresas que potencien la economía local, repercusión mediática... serán algunos de los temas a analizar en el desarrollo económico de la ciudad.

Como ya demostró el GP de Silverstone, sostenibilidad y rentabilidad pueden converger. Haciendo que la alta inversión inicial en tecnologías limpias termine por generar ahorros operativos a medida que evolucionen y se optimicen dichas tecnologías.

4.3 PLANIFICACIÓN

Para asegurar la calidad y el resultado del proyecto, además de mantener un trabajo ordenado y eficiente, se ha decidido dividir el proyecto en cuatro secciones diferenciadas, con sus respectivos tiempos de realización. Dichas secciones son:

1. *Investigación y Planificación Inicial.* En esta fase, se establecerán los fundamentos del proyecto, incluyendo la identificación del problema, los objetivos de investigación y la metodología a utilizar, proporcionando una base sólida para la investigación.
2. *Análisis Preliminar y Estado de la Cuestión.* Durante esta fase, se llevará a cabo una revisión exhaustiva de los trabajos relacionados existentes, analizando la historia de la Fórmula 1, el impacto ambiental de eventos deportivos y ejemplos de eventos sostenibles, proporcionando una comprensión profunda del contexto del estudio.
3. *Recopilación y Análisis de Datos del Circuito.* En esta etapa, se recopilarán datos específicos sobre el circuito de Fórmula 1 en Madrid, incluyendo su consumo energético y emisiones. Al ser un circuito que todavía no está desarrollado, se estudiarán circuitos existentes de características similares.
4. *Diseño e Implementación de Energías Renovables y otras Soluciones Tecnológicas.* Los datos recopilados en la fase anterior se analizarán para comprender el estado del circuito y formular propuestas para la implementación de energías renovables y soluciones tecnológicas. En esta fase también se llevará a cabo la evaluación del impacto medioambiental de cada solución.
5. *Evaluación del Impacto Social y Desarrollo Urbano.* Se llevará a cabo una evaluación detallada del impacto social de las soluciones propuestas, incluyendo la aceptación comunitaria, el efecto en el turismo y la cultura local, y las implicaciones para el desarrollo urbano y empleo en la ciudad.

6. *Evaluación Económica y Financiera.* Esta fase se enfocará en evaluar el impacto económico de las soluciones propuestas, incluyendo análisis de costes y beneficios, así como la identificación de fuentes de financiamiento viables para la implementación.

La división de tareas y fases se muestra en el siguiente cronograma (Figura 1).

Tareas	Tiempo (semanas)								
	Octubre	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	
Fase 1									
Planificación	■	■							
Investigación	■	■	■	■	■				
Fase 2									
Objetivos			■	■					
Análisis Preliminar			■	■					
Fase 3									
Estudio del Circuito de Madrid			■	■	■				
Fase 4									
Diseño de Energías Renovables			■	■	■	■	■		
Fase 5									
Impacto Social				■	■				
Desarrollo Urbano					■	■	■		
Fase 6									
Viabilidad Económica					■	■	■	■	■
Conclusiones						■	■	■	
Redacción									
Finalizar el Documento								■	■
Preparar la Presentación								■	■
Presentación									■

Figura 1. Cronograma de Trabajo

Capítulo 5. DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS

Con el fin de poder realizar el proyecto de la mejor manera posible, emplearemos varios recursos externos durante las diferentes fases del trabajo anteriormente mencionadas en la sección 4.3.

Para la cuarta fase del proyecto, *Diseño e Implementación de Energías Renovables*, nos ayudaremos del software PVsyst. Esta herramienta especializada en el diseño y análisis de sistemas de energía solar fotovoltaica permite estudiar y analizar el rendimiento de las instalaciones solares, evaluando factores como radiación solar, sombra, orientación, etc. Se empleará para la apoyar la toma de decisiones en relación a las posibles instalaciones de energía solar en el circuito de la Fórmula 1 de Madrid. [13]

Por último, como ya se ha comentado anteriormente, las entrevistas con expertos adquirirán un rol de vital importancia en el desarrollo del proyecto. Se contactará con dos tipos de expertos:

- Expertos del gobierno de la Comunidad de Madrid o de la ciudad de Madrid. La realización de estas entrevistas será fundamental para el desarrollo de las fases de investigación, análisis y recopilación de datos sobre el circuito. Se obtendrá información sobre las características relacionadas con el circuito de F1 y su impacto en la ciudad.
- Expertos en energías renovables poco desarrolladas. Para poder realizar el análisis de la implementación de tecnologías a largo plazo, como es el caso del hidrógeno, será necesario llevar a cabo entrevistas técnicas. La recopilación de esta información será fundamental para la realización de la cuarta fase del proyecto, *Diseño e Implementación de Energías Renovables y Soluciones Tecnológicas*.

Capítulo 6. CIRCUITO DE FÓRMULA 1 DE MADRID

El anuncio de la vuelta de Madrid al calendario de la Fórmula 1 para el año 2026 tras más de cuatro décadas inactivo ha marcado un hito significativo tanto para el deporte del motor como para la capital española. Este acontecimiento, confirmado por la presidenta de la Comunidad de Madrid y el presidente de la F1 [14], representa no solo un impulso económico y turístico para la región, sino también una oportunidad para demostrar el compromiso de la ciudad con la innovación y la sostenibilidad. La decisión de avanzar hacia la realización de un Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid no fue tomada a la ligera; implicó un detallado proceso de planificación y consulta con diversas partes interesadas, incluidos equipos de Fórmula 1, autoridades locales y organizaciones medioambientales.

La presidenta de la Comunidad de Madrid ha destacado el potencial del evento para poner a Madrid en el centro de atención internacional, no solo como un espectáculo deportivo de primer nivel, sino también como una vitrina de tecnologías verdes y prácticas sostenibles. Se espera que el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid se convierta en un ejemplo de cómo los grandes eventos deportivos pueden alinearse con los objetivos de desarrollo sostenible y la neutralidad de carbono.

La elección del tipo de circuito fue un aspecto crítico del proyecto, y tras un extenso análisis y diálogo con expertos en automovilismo y sostenibilidad, se optó por un diseño que garantiza no solo la emoción y la competitividad característica de la Fórmula 1, sino que también se integra armoniosamente con el entorno urbano de Madrid y sus objetivos de sostenibilidad. La confirmación del tipo de circuito por parte de las autoridades representa un paso adelante hacia la materialización de este ambicioso proyecto.

El Gran Premio está programado para celebrarse en el año 2026, otorgando así un período adecuado para la construcción y adecuación del circuito, así como para la implementación de todas las medidas necesarias para asegurar un evento de cero emisiones netas. Este tiempo también permitirá a la ciudad prepararse para acoger a los miles de visitantes internacionales

y aficionados al deporte motor que se darán cita en Madrid, consolidándose como un punto de encuentro para la innovación, el deporte y la sostenibilidad.

La organización de este Gran Premio no es solo un logro para la Comunidad de Madrid sino también un desafío que pone a prueba la capacidad de la ciudad para liderar en la promoción de eventos deportivos sostenibles a nivel mundial. Este capítulo detalla el diseño y las características del circuito, así como el impacto anticipado del evento en la ciudad de Madrid desde diversas perspectivas: social, medioambiental y económica.

6.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL CIRCUITO

6.1.1 UBICACIÓN Y CONTEXTO URBANO

El nuevo circuito de Fórmula 1 en Madrid, programado para acoger el Gran Premio de España desde 2026 hasta 2035, promete ser una adición significativa al calendario internacional de Fórmula 1. Ubicado alrededor del centro de exposiciones IFEMA en el distrito de Barajas, este circuito está estratégicamente posicionado a solo unos minutos del aeropuerto Adolfo Suárez y a 16 kilómetros del centro de la ciudad. Esta localización no solo facilita el acceso mediante automóvil, autobús, tren y metro, sino que también sitúa al circuito cerca de puntos de interés como el complejo de entrenamiento Ciudad Deportiva del Real Madrid, y en proximidad a icónicos estadios como el Santiago Bernabéu y el Estadio Metropolitano del Atlético de Madrid. [15]

El circuito, aún pendiente de homologación por la FIA, se extenderá por 5,47 km, incluyendo 20 curvas y prometiendo vueltas de clasificación que se estiman alrededor de 1 minuto y 32 segundos. Este trazado desafiará a los pilotos con rápidas curvas, chicanes estrechas y largas rectas, destacando por ofrecer cuatro puntos potenciales de adelantamiento, ver Ilustración 1. Se espera que el circuito atraiga a más de 110.000 espectadores diarios, con planes de ampliar la capacidad hasta los 140.000, lo que lo convertiría en una de las sedes más grandes en el calendario de la F1.

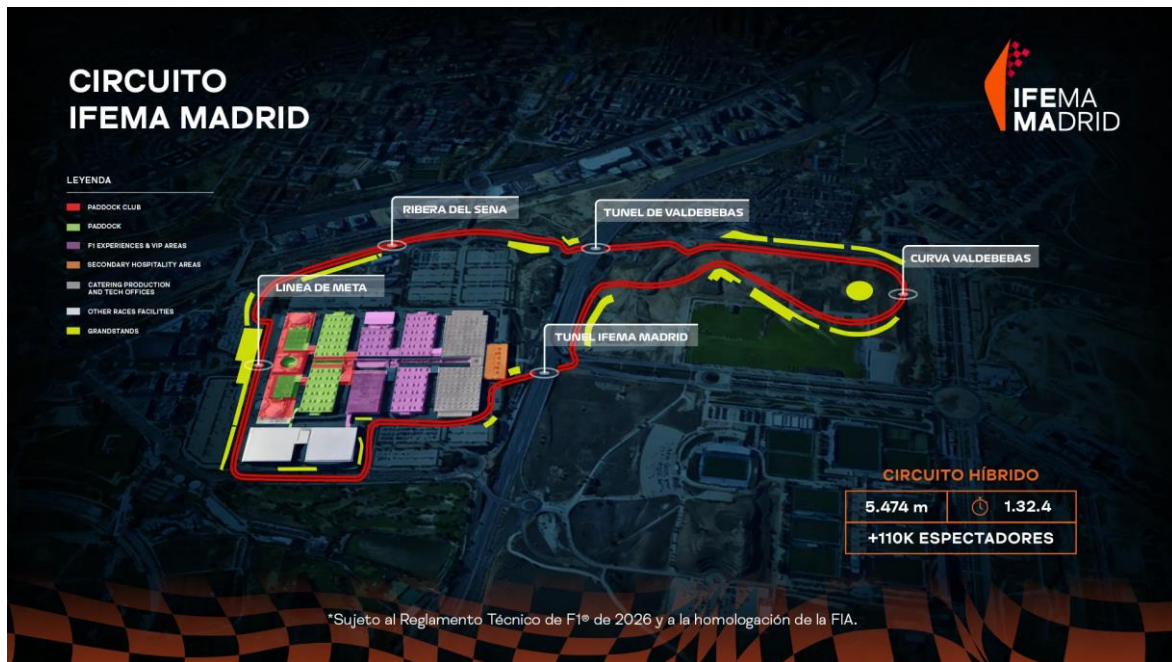


Ilustración 1. Circuito GP de España 2026

El circuito será innovador, utilizando tanto carreteras públicas como terrenos privados, combinando elementos de circuitos callejeros y permanentes. Una característica distintiva es la inclusión de dos cortos túneles que conectan la zona de IFEMA con la expansión norte de Valdebebas. Además, se planea una disposición única para los garajes en la zona de pits y áreas de paddock que se beneficiarán de la infraestructura del IFEMA, prometiendo una experiencia moderna y tecnológicamente avanzada tanto para pilotos como espectadores.

6.1.2 DISEÑO Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

El diseño y las características técnicas del nuevo circuito de Fórmula 1 en Madrid han sido concebidos con una visión innovadora y un compromiso con la excelencia técnica, lo que lo distingue como una adición única al calendario de la Fórmula 1. Siguiendo con la información adelantada en la sección 6.1.1, el circuito se caracteriza por su longitud de 5,474 km y la inclusión de 20 curvas, que prometen retar a los pilotos con una combinación de rápidas barridas, estrechas chicanes y largas rectas. La velocidad promedio esperada durante la vuelta de clasificación es de 213 km/h, con una duración estimada de 1 minuto y 32 segundos para cada vuelta de clasificación.

Ubicado en torno al centro de exposiciones IFEMA en el distrito de Barajas, el diseño del circuito aprovecha tanto el terreno existente del recinto ferial como futuras vías en Valdebebas y aproximadamente 1,5 km de carreteras públicas. Este enfoque multifacético significa que el circuito transitará entre elementos típicos de circuitos permanentes y aspectos más característicos de circuitos callejeros. La versatilidad del diseño permite una experiencia dinámica y variada tanto para pilotos como para espectadores, ofreciendo desde secciones de alta velocidad hasta complejas secuencias de curvas que demandarán lo mejor de las habilidades de pilotaje y la estrategia de equipo.

Una de las características más destacadas del diseño es la inclusión de dos túneles cortos, que no solo añaden un elemento técnico único, sino que también sirven para conectar las dos zonas principales del circuito, atravesando una autopista elevada. Esta característica es especialmente notable ya que aporta un elemento de variación de elevación y complejidad técnica adicional que no se encuentra comúnmente en otros circuitos de la F1.

El circuito también ha sido diseñado con un fuerte enfoque en la sostenibilidad y la tecnología de vanguardia. Desde la planificación inicial, se ha buscado integrar tecnologías avanzadas en sistemas de seguridad, comunicación y climatización, elevando los estándares de experiencia para pilotos y espectadores.

Además, el diseño contempla espacios innovadores nunca antes vistos en la competición, como un paddock cubierto y climatizado, y extensas áreas destinadas a mejorar la experiencia de los aficionados. Este enfoque refleja el compromiso de los organizadores no solo con la excelencia en el deporte motor sino también con la creación de un evento que sea memorable y disfrutable para todos los asistentes.

6.1.3 INFRAESTRUCTURA E INSTALACIONES

En el desarrollo del Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026, la infraestructura y las instalaciones del circuito son aspectos clave diseñados para asegurar no solo la funcionalidad y seguridad del evento sino también una experiencia excepcional para equipos, pilotos y espectadores.

Se debe tener en cuenta que los detalles concretos sobre infraestructura y facilidades no están públicamente disponibles y se irá conociendo más de ellos según se acerque la fecha de comienzo del evento. Por ejemplo, un detalle importante que se desconoce hasta la fecha es si la carrera será diurna o nocturna, lo cual afectaría al nivel de necesidad lumínica de las instalaciones entre otras cosas. A pesar de la incertidumbre, algunas instalaciones y detalles importantes que ya se conocen son:

- *Paddock y Boxes*: Se proyecta una redefinición del concepto tradicional de paddock y boxes. La proximidad a las instalaciones de IFEMA permitirá la creación de un paddock cubierto y climatizado, una novedad en la Fórmula 1 que no solo mejorará las condiciones de trabajo de los equipos, sino que también elevará el estándar de comodidad durante el evento. Esta integración con IFEMA garantiza un uso eficiente de los espacios existentes, facilitando logísticas complejas y ofreciendo infraestructuras de vanguardia. [16]
- *Capacidad y Asientos*: Inicialmente, se estima una capacidad de 110.000 espectadores, con planes de expansión para acomodar a más de 140.000 personas en los años subsiguientes. La distribución de asientos contemplará gradas, áreas de admisión general y hospitalidad VIP, con un enfoque en optimizar la visibilidad de la pista y mejorar la experiencia general del espectador. Este enfoque en la capacidad y la planificación espacial anticipa una de las sedes más grandes en el calendario de la Fórmula 1, asegurando que Madrid sea un punto focal para los aficionados del deporte motor.
- *Seguridad y Tecnología*: El circuito y sus instalaciones asociadas estarán equipadas con tecnología punta y sistemas de seguridad, comunicación y climatización. La colaboración con expertos en seguridad de la FIA y la implementación de las últimas innovaciones tecnológicas garantizarán que el evento no solo cumpla, sino que exceda los estándares internacionales de seguridad para competiciones de motor.
- *Instalaciones para los Aficionados*: Más allá de la competición, el evento será enriquecido con áreas extensas dedicadas a experiencias para los aficionados, que incluirán simuladores de conducción, exposiciones interactivas de tecnología

automotriz y áreas de entretenimiento. La integración de estas actividades busca promover una conexión más profunda entre los espectadores y el mundo de la Fórmula 1.

- *Accesibilidad y Sostenibilidad:* En línea con el compromiso de Madrid con la sostenibilidad y la accesibilidad para todos los ciudadanos, el diseño del circuito y sus instalaciones complementarias promoverán el uso del transporte público y opciones de movilidad sostenible, lo cual podremos ver más en detalle en la sección 6.1.4.

6.1.4 ACCESIBILIDAD Y TRANSPORTE

La ubicación del circuito de Fórmula 1 en Madrid, en las inmediaciones del centro de exposiciones IFEMA en el distrito de Barajas, no solo fue seleccionada por su capacidad para albergar un evento de esta magnitud sino también por su accesibilidad excepcional. A escasos minutos del aeropuerto Adolfo Suárez y a solo 16 kilómetros del centro de la ciudad, el circuito aprovecha una red de transporte integral que incluye carreteras, autobuses, trenes y metro, facilitando un acceso eficiente desde distintos puntos de la ciudad y áreas circundantes.

6.1.4.1 Conexiones de Transporte Público

La presencia de la estación de metro Feria de Madrid (Línea 8) ofrece una conexión directa entre el circuito y el centro de Madrid, promoviendo el uso del transporte público como la opción preferente para los asistentes al evento. Además, varias líneas de autobús (73, 104, 112, 122, SE709) sirven la zona, proporcionando alternativas adicionales para el acceso al evento. La planificación del evento también contempla la futura expansión del metro hacia la zona de Valdebebas, mejorando aún más la conectividad.

6.1.4.2 Gestión del Tráfico y Estacionamiento

Se anticipa la implementación de medidas específicas para gestionar el incremento del tráfico durante los días del evento, incluyendo la señalización temporal, la modificación de

rutas y la provisión de amplias áreas de estacionamiento. Estas medidas buscarán minimizar el impacto en el tráfico local y garantizar una experiencia fluida para quienes se desplacen en vehículo privado.

6.1.4.3 Sostenibilidad y Transporte

Alentando la sostenibilidad, la organización del Gran Premio fomentará el uso de medios de transporte con baja emisión de carbono. Iniciativas como sistemas de bicicletas compartidas y promociones para el uso del transporte público están siendo consideradas para reducir la huella de carbono asociada con el evento. Esta aproximación subraya el compromiso del Gran Premio de Madrid con la promoción de prácticas sostenibles y el cuidado del medio ambiente.

6.1.4.4 Accesibilidad para Todos

Además, se pondrá especial énfasis en garantizar la accesibilidad para personas con movilidad reducida, asegurando que todas las instalaciones, desde las gradas hasta los servicios sanitarios y áreas de comida, sean fácilmente accesibles. La organización se compromete a cumplir con las normativas de accesibilidad vigentes, proporcionando un entorno inclusivo para todos los espectadores.

6.2 IMPACTO SOCIAL (PEOPLE)

La inclusión del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid, programada desde 2026 hasta al menos 2035, es un evento de magnitud considerable con un impacto social extenso y variado que abarca desde la fase de construcción del circuito hasta la conclusión del contrato y potencial cierre del circuito. Esta sección está dedicada a explorar el impacto en las personas, considerando cómo el proyecto afectará la vida social y comunitaria en varios aspectos.

El impacto social de un evento de esta envergadura no puede subestimarse. Afectará a una amplia gama de stakeholders, desde los residentes locales y la comunidad empresarial hasta los visitantes internacionales y los equipos de Fórmula 1. La realización de un evento global

como la Fórmula 1 en Madrid traerá consigo cambios significativos en la dinámica social, económica y cultural de la ciudad, presentando tanto oportunidades como desafíos.

Para garantizar que el impacto social del Gran Premio sea positivo, será crucial una planificación cuidadosa y una comunicación efectiva con todas las partes interesadas. La colaboración entre organizadores del evento, autoridades locales, comunidades y empresas será fundamental para maximizar los beneficios sociales del Gran Premio y minimizar cualquier impacto negativo.

A través de este análisis, buscamos comprender y reflexionar sobre el alcance e importancia del impacto social del Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid, destacando la responsabilidad que conlleva la organización de un evento de esta magnitud y cómo puede contribuir de manera significativa al bienestar y desarrollo de la comunidad local y más allá.

6.2.1 PARTICIPACIÓN Y ACEPTACIÓN COMUNITARIA

La inclusión del Gran Premio de Fórmula 1 en el calendario de eventos de Madrid representa no solo un logro significativo para la ciudad sino también un desafío en términos de garantizar la participación comunitaria y la aceptación.

La realización de un evento de esta magnitud tiene el potencial de transformar la percepción local e internacional de Madrid, alineando la ciudad con valores como la innovación, la sostenibilidad y la excelencia deportiva, sin embargo, no es sencillo de lograr. Históricamente contamos con ejemplos en los que un evento de F1 no ha logrado los objetivos deseados.

6.2.1.1 Comparación con el Gran Premio de F1 de Valencia 2012

En el año 2012 se realizó un estudio acerca del llamado Gran Premio de Europa, organizado en Valencia entre los años 2008 y 2012. El objetivo de dicha investigación era estudiar la percepción de los residentes de Valencia con respecto al Gran Premio que se llevaba a cabo en su ciudad, analizando conocimientos, intereses, actitudes, comportamientos y expectativas. [17]

La investigación reveló que, aunque la población valenciana estaba generalmente informada sobre el evento, existía una notable falta de entusiasmo por la celebración del mismo en su ciudad. Este dato es crucial, ya que indica que el conocimiento del evento no se traduce necesariamente en una percepción positiva o en un interés elevado por parte de la comunidad local. La mayoría de los encuestados percibió que los principales beneficiados serían los sectores del turismo y la economía, mientras que los ciudadanos serían los menos favorecidos, destacando una percepción de beneficio desigual asociado al evento.

Además, un porcentaje significativo de los residentes indicó que no asistiría al Gran Premio, lo que subraya la importancia de implementar estrategias que aumenten el interés y la participación de la comunidad local. Estos resultados sugieren la necesidad de adoptar un enfoque más inclusivo y participativo en la planificación y ejecución del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid, enfocándose en cómo el evento puede beneficiar directamente a la población local y abordar sus preocupaciones específicas.

Para Madrid, se propone enfatizar los beneficios directos para la comunidad, asegurando que el evento no solo sea visto como una celebración del deporte motor sino también como una oportunidad para el desarrollo y enriquecimiento comunitario.

La lección aprendida de Valencia resalta la importancia de involucrar activamente a la comunidad en todas las fases del evento, desde la planificación hasta la realización y más allá, fomentando un sentido de propiedad y orgullo en el evento.

Como se puede observar, el éxito de un evento depende en gran medida de la capacidad de los organizadores para involucrar efectivamente a la comunidad local en todas las etapas del proceso. Dada su importancia, este trabajo se propone diseñar algunas estrategias que fomenten dicha participación.

6.2.1.2 Estrategias de Participación Comunitaria

1. *Consultas Públicas*: Realizar consultas públicas es crucial para entender las preocupaciones y expectativas de la comunidad local respecto al Gran Premio. Esto puede incluir foros abiertos, encuestas y reuniones informativas, asegurando que los

residentes tengan la oportunidad de expresar sus opiniones y contribuir al proceso de planificación.

2. *Programas de Beneficio Comunitario:* Desarrollar programas que directamente beneficien a la comunidad local puede ayudar a aumentar la aceptación del evento. Esto podría incluir iniciativas de mejora urbana, programas educativos relacionados con el deporte motor y la tecnología, y oportunidades de empleo y formación para los residentes locales.
3. *Eventos de Inclusión Social:* Organizar eventos que promuevan la inclusión social y cultural, como festivales, exposiciones y actividades educativas que celebren tanto la cultura de la Fórmula 1 como la herencia local de Madrid, puede fomentar un sentido de orgullo y pertenencia entre la población.
4. *Comunicación Transparente y Continua:* Mantener una comunicación transparente y continua con la comunidad es fundamental para construir confianza y apoyo. Esto incluye proporcionar actualizaciones regulares sobre el progreso del proyecto, los beneficios esperados para la ciudad y cómo se abordarán los posibles impactos negativos.

6.2.1.3 Superación de Desafíos y Resistencias

La experiencia en otras ciudades ha demostrado que la resistencia comunitaria puede surgir debido a preocupaciones sobre el ruido, la congestión del tráfico y el impacto ambiental. Abordar estos desafíos de manera proactiva a través de la mitigación de impactos, la compensación adecuada y la mejora de infraestructuras locales será crucial para ganar y mantener el apoyo comunitario.

Además, involucrar a los residentes en la creación de un legado positivo post-evento asegurará que el Gran Premio deje una huella duradera en Madrid, transformándolo no solo en un evento deportivo, sino en una celebración de la comunidad y la cultura madrileña.

6.2.2 IMPACTO EN EL TURISMO Y LA CULTURA LOCAL

El Gran Premio de Fórmula 1 tiene el potencial de atraer a un significativo número de visitantes internacionales y nacionales, lo que se traduciría en un notable incremento en la ocupación hotelera y el consumo en restaurantes, tiendas y otros servicios turísticos.

6.2.2.1 Experiencia de otros Grandes Premios internacionales

Basándonos en la experiencia de otras ciudades anfitrionas de eventos de Fórmula 1, se puede proyectar un aumento en la actividad turística que beneficie directamente a la economía local. Por ejemplo, ciudades como Melbourne y Mónaco han visto cómo sus eventos de F1 no solo atraen a aficionados al deporte motor, sino también a visitantes interesados en el ambiente festivo y en las actividades culturales paralelas al evento.

En el caso de la Ciudad de México, el Gran Premio de Fórmula 1 ha demostrado ser un importante impulsor del turismo y la economía local. La Fórmula 1 en México se ha logrado generar una aportación económica significativa, con estimaciones que apuntan a 14.375 millones de pesos. Además, eventos como la Fórmula 1 han contribuido al dinamismo económico en la capital, atrayendo a un gran número de visitantes y generando ventas importantes en el sector de comercio, servicios y turismo. [18]

Dichos eventos no solo tienen un impacto directo en términos de ingresos por hospedaje y consumo en la ciudad anfitriona, sino que también promueven la imagen de la ciudad a nivel mundial, atrayendo a futuros turistas y reforzando la percepción de la ciudad como un destino vibrante y atractivo para eventos internacionales. En el caso de la Ciudad de México, se estima que la recuperación económica en la capital del país alcanzará el 100% en un año, gracias en parte a la reactivación de las actividades turísticas y culturales a plenitud.

6.2.2.2 Oportunidad y Estrategias para Madrid

La celebración del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid ofrece una plataforma única para la promoción de la cultura local. A través de eventos culturales complementarios, Madrid puede exhibir su rica herencia, gastronomía, arte y música, brindando a los visitantes una experiencia más rica y diversificada. Este enfoque no solo enriquece la experiencia del visitante, sino que también fortalece la identidad cultural de Madrid a nivel internacional.

Además, la cobertura mediática global del Gran Premio proporcionará una oportunidad sin precedentes para mostrar Madrid en el escenario mundial, promoviendo la ciudad como un destino turístico de primer orden. La proyección internacional que ofrece un evento de este

calibre puede contribuir significativamente a consolidar la imagen de Madrid como una ciudad vibrante, culturalmente rica y acogedora para futuros visitantes.

Para maximizar los beneficios, este trabajo propone las siguientes medidas:

- **Integración de Eventos Culturales:** Organizar festivales, exposiciones de arte y actuaciones musicales en torno al Gran Premio, destacando la diversidad y riqueza de la cultura madrileña.
- **Promoción Conjunta con el Sector Turístico:** Trabajar en colaboración con hoteles, restaurantes y otros servicios turísticos para ofrecer paquetes promocionales que incluyan entradas al Gran Premio y experiencias culturales locales.
- **Campañas de Marketing Internacional:** Aprovechar la cobertura mediática del evento para lanzar campañas de marketing que posicionen a Madrid como un destino turístico deseable, enfocándose en sus atributos culturales únicos y en la hospitalidad de sus habitantes.

6.2.2.3 Estimación del Impacto Turístico en la Ciudad

Según la Cámara de Comercio de Madrid, se estima que el Gran Premio de Fórmula 1 podría generar un impacto económico directo significativo en la ciudad, con una contribución esperada de alrededor de 450 millones de euros, lo que supone un 0,4% del PIB de la capital y un 0,2% de la Comunidad. [19]

Este impacto económico se debería a un aumento considerable en el número de turistas, con la expectativa de atraer a más de 120.000 visitantes durante el fin de semana del evento, siendo el 45% de ellos turistas internacionales, con una estancia media de 3 días. Esto supone una oportunidad de negocio para empresas locales, ya que se estima que el gasto en la ciudad, sin incluir hoteles, transporte, ni el coste de la entrada al GP, será de aproximadamente 600 euros para turistas nacionales y 950 euros para internacionales. A estos datos hay que sumarle la asistencia del personal vinculado a la realización del evento, quienes necesitan una reserva de 5.000 habitaciones en hoteles a una distancia máxima de media hora del circuito.

Además, se proyecta que la celebración del Gran Premio no solo impulsará el sector turístico mediante el aumento de ocupación hotelera y consumo en establecimientos locales, sino que también fomentará la promoción internacional de Madrid como destino turístico y cultural de primer nivel.

Incorporando estos datos, el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid se perfila como un catalizador para el turismo y la economía local, ofreciendo una oportunidad sin precedentes para destacar la oferta cultural de la ciudad, alentando a los visitantes a extender su estancia y explorar más allá del evento deportivo.

Además, la colaboración entre organizadores del evento, instituciones locales y el sector privado será clave para asegurar que el Gran Premio se traduzca en beneficios duraderos para la ciudad, tanto en términos de atractivo turístico como de inversión en infraestructuras y servicios que mejoren la calidad de vida de los residentes.

6.2.3 DESARROLLO DE INFRAESTRUCTURAS Y SERVICIOS PÚBLICOS

La organización de un Gran Premio de Fórmula 1 implica la creación o mejora de infraestructuras clave para llevar a cabo el evento en sí y para gestionar el incremento de visitantes. Esto incluye mejoras en transporte, seguridad, servicios de salud y tecnología.

- *Transporte:* La experiencia en otras ciudades anfitrionas de la Fórmula 1 sugiere un enfoque en mejorar la conectividad y la eficiencia del transporte público. Esto puede incluir la ampliación de horarios en el metro y autobuses, mejora de las carreteras y señalizaciones, y la implementación de servicios especiales de transporte para facilitar el acceso al circuito. Madrid podría considerar estos enfoques, especialmente dada su ya sólida infraestructura de transporte.
- *Servicios de Emergencia y Salud:* La seguridad de participantes y espectadores es primordial. Esto podría requerir mejoras o expansiones en los servicios de emergencia y salud, incluyendo la preparación de hospitales y clínicas para atender un volumen mayor de pacientes y la creación de centros de atención médica temporales en áreas clave.

- *Tecnología y Comunicaciones:* La capacidad de la ciudad para soportar un alto volumen de comunicaciones digitales, incluyendo datos móviles y WiFi público, será crítica durante el evento. Inversiones en infraestructura de telecomunicaciones no solo beneficiarán al Gran Premio, sino que también mejorarán la conectividad a largo plazo para los residentes de Madrid.
- *Impacto Ambiental y Sostenibilidad:* Considerando la creciente preocupación por la sostenibilidad, Madrid tiene la oportunidad de liderar en la implementación de prácticas y tecnologías verdes en el contexto de grandes eventos. Esto puede incluir desde la gestión de residuos y reciclaje hasta el uso de energías renovables para alimentar el evento, estas soluciones se explorarán con más detalle en el Capítulo 8.

La preparación para el Gran Premio de Fórmula 1 puede servir como un impulso para acelerar proyectos de infraestructura ya planeados o iniciar nuevos desarrollos que tendrán beneficios duraderos para la ciudad. Estas mejoras no solo facilitarán la logística del evento, sino que también pueden contribuir significativamente al bienestar y calidad de vida de los ciudadanos de Madrid a largo plazo.

6.2.4 OPORTUNIDADES LABORALES Y FORMACIÓN

La organización de un evento de esta magnitud requiere una amplia gama de servicios y habilidades, desde la logística y seguridad hasta la hospitalidad y el marketing, lo que inevitablemente generará empleo y demandará capacitación especializada.

6.2.4.1 Generación de Empleo

La realización del Gran Premio de Fórmula 1 se traduce en una demanda significativa de mano de obra en diversos sectores. Se pueden destacar las siguientes áreas:

- *Construcción y Mantenimiento:* Las mejoras en infraestructuras y la necesidad de adaptar o construir nuevas instalaciones para el evento generarán empleos en el sector de la construcción. Esto no solo incluye a trabajadores directamente involucrados en la construcción, sino también a ingenieros, arquitectos y técnicos.

- *Turismo y Hospitalidad:* La afluencia de visitantes impulsa la demanda en hoteles, restaurantes y servicios turísticos, creando empleo para personal de hospitalidad, guías turísticos, y empleados en el sector de alimentos y bebidas.
- *Seguridad y Servicios de Emergencia:* La seguridad del evento y de los asistentes requerirá personal adicional, desde seguridad privada hasta profesionales de la salud para atención médica de emergencia.
- *Marketing y Comunicaciones:* La promoción del evento y la gestión de la comunicación antes, durante y después del Gran Premio requieren profesionales especializados en marketing, relaciones públicas y comunicación digital.

6.2.4.2 Formación y Capacitación

Para satisfacer la demanda de habilidades específicas relacionadas con el evento, se abrirán oportunidades significativas en formación y capacitación:

- *Programas de Capacitación Específicos:* Instituciones educativas y organizaciones pueden desarrollar programas orientados a las necesidades del Gran Premio, tales como gestión de eventos deportivos, seguridad en eventos masivos, y hospitalidad turística.
- *Partnerships con Empresas y Organizaciones:* La colaboración entre el comité organizador del Gran Premio, empresas locales y centros de formación puede facilitar programas de prácticas y aprendizaje en áreas clave, ofreciendo a los participantes experiencia real y mejorando sus perspectivas de empleo.
- *Desarrollo de Habilidades Transversales:* Además de habilidades técnicas específicas, la preparación para el evento también puede promover el desarrollo de habilidades transversales como el trabajo en equipo, la comunicación efectiva y la resolución de problemas.

6.2.4.3 Estimación del Impacto Laboral

Tomando como referencia la preparación del Gran Premio de Mónaco, un evento de gran envergadura en el calendario de la Fórmula 1, se requiere de un considerable esfuerzo logístico y humano. Para la puesta a punto de este evento, se movilizan aproximadamente

3.000 trabajadores dedicados a tareas como la construcción de las infraestructuras temporales necesarias para la carrera, que incluyen tribunas, vallas de seguridad y otras instalaciones clave. Entre estos trabajadores destaca la necesidad de 600 comisarios, 500 personas asignadas a la seguridad, 400 trabajadores voluntarios, 40 médicos y aproximadamente 50 ingenieros. [20]

En el contexto de Madrid y con miras a la celebración del Gran Premio de Fórmula 1, el alcalde de la ciudad, José Luis Martínez Almeida, proyecta la creación de aproximadamente 8.200 empleos directos, además de otros miles de puestos de manera indirecta. Este número sugiere una operación a una escala incluso mayor que la de Mónaco, lo que se puede atribuir a las diferencias en el tamaño y las capacidades de infraestructura de ambas ciudades. La generación de estos empleos abarcaría una amplia gama de sectores, incluyendo, pero no limitándose a, construcción, hospitalidad, servicios turísticos, seguridad y gestión de eventos. [21]

La creación de más de 8.000 empleos directos en Madrid a raíz del Gran Premio refleja una oportunidad única para el desarrollo laboral y la capacitación profesional en la ciudad. Aprovechando esta oportunidad, Madrid no solo puede asegurar el éxito del evento, sino también contribuir a la formación de un capital humano altamente cualificado y adaptable, potenciando el crecimiento económico y el desarrollo profesional a largo plazo. La colaboración entre los sectores público y privado será esencial para maximizar estos beneficios, garantizando que el legado del Gran Premio perdure mucho más allá del evento en sí.

6.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL (PLANET)

El análisis del impacto medioambiental es fundamental para garantizar que el Gran Premio de Fórmula 1 se desarrolle de manera sostenible y responsable. Dada la creciente preocupación global por el cambio climático y la degradación del medio ambiente, es crucial que eventos de gran envergadura como este tomen medidas proactivas para minimizar su huella ecológica.

Además, la sostenibilidad juega un papel crucial en la organización de eventos deportivos internacionales en la actualidad. La Fórmula 1, en particular, ha tomado medidas significativas hacia la sostenibilidad, con la meta de alcanzar cero emisiones netas de carbono para 2030. Madrid, como anfitrión de uno de estos eventos, tiene la oportunidad de liderar con el ejemplo, implementando prácticas que no solo cumplan con los estándares de sostenibilidad de la Fórmula 1 sino que también establezcan nuevos benchmarks para eventos futuros.

Cabe mencionar que dado el enfoque integral de este TFM sobre el futuro Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid, se ha decidido adoptar una estructura detallada y específica para abordar los diversos impactos y consideraciones del evento. Específicamente, en esta sección, el trabajo se centra en el impacto medioambiental del evento, excluyendo deliberadamente el análisis detallado de la huella de carbono y las estrategias de mitigación de emisiones. Este enfoque se debe a que la huella de carbono del evento y las soluciones detalladas para alcanzar cero emisiones netas serán tratadas exhaustivamente en el Capítulo 7. y el Capítulo 8. respectivamente.

La decisión de separar estos temas permite una exploración más profunda y enfocada de cada aspecto, evitando la redundancia y asegurando que cada sección del trabajo aporte valor y perspectivas únicas. En la sección 6.3, por tanto, nos dedicaremos a examinar áreas complementarias del impacto medioambiental, tales como la biodiversidad, la gestión de residuos, la movilidad sostenible, la sensibilización y educación ambiental, y la colaboración con iniciativas locales de sostenibilidad.

6.3.1 BIODIVERSIDAD Y ESPACIOS NATURALES

Antes de la implementación de cualquier infraestructura relacionada con el Gran Premio, es crucial llevar a cabo una evaluación ambiental detallada. Este análisis debería centrarse en identificar especies de flora y fauna que podrían verse afectadas por las actividades del evento, especialmente aquellas en peligro de extinción o vulnerables. La prioridad es desarrollar estrategias de mitigación que minimicen cualquier impacto negativo, protegiendo así la biodiversidad local.

6.3.1.1 Protección de Hábitats Naturales

La construcción del circuito y las infraestructuras asociadas deben planificarse de manera que perturben mínimamente los hábitats naturales. Esto puede implicar la modificación de rutas o la adaptación de estructuras para evitar áreas ecológicamente sensibles. Además, se deben establecer programas de restauración para cualquier área natural que pueda verse afectada, asegurando que estos espacios sean rehabilitados a su estado original o mejorados.

Aunque el evento del GP de Madrid 2026, por tratarse de un circuito semiurbano en el cual gran parte de la infraestructura base se encuentra ya desarrollada en las instalaciones de IFEMA, no va a invadir ningún hábitat natural, sí que se debe tener en cuenta su proximidad a los parques Juan Carlos I y Juan Pablo II, espacios ricos en fauna y flora.

Estos parques, siendo pulmones verdes y espacios de biodiversidad dentro de la urbe, podrían verse impactados por la afluencia de personas y las actividades relacionadas con el Gran Premio. Será esencial implementar medidas de gestión y protección, como la limitación de la entrada a estos parques durante el evento, para minimizar cualquier perturbación en estos entornos naturales, preservando así su valor ecológico y de recreo para la ciudad.

6.3.1.2 Integración de Espacios Verdes en el Diseño Urbano

La realización del Gran Premio debe servir como catalizador para la integración y expansión de espacios verdes urbanos en Madrid. El diseño de áreas verdes no solo contribuye a la biodiversidad urbana, sino que también mejora la calidad del ambiente para los residentes. La creación de nuevos parques, jardines y zonas verdes alrededor del circuito y en la ciudad puede ser una parte integral del legado ambiental del evento, tal es el caso del Gran Premio de Australia, el cual se encuentra integrado dentro de un parque en el centro de la ciudad. La integración de espacios verdes será explorada con mayor detalle como una solución en el Capítulo 8. [22]

6.3.1.3 Monitorización y Gestión Continua

Una vez establecidas, las medidas de protección de la biodiversidad requieren una monitorización y gestión continuas. Esto incluye la supervisión regular de la flora y fauna,

la evaluación de la efectividad de las estrategias de conservación implementadas, y la adaptación de las prácticas según sea necesario para garantizar la protección efectiva de los ecosistemas locales.

6.3.2 GESTIÓN DE RESIDUOS Y RECURSOS HÍDRICOS

La realización del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid presenta retos significativos y oportunidades en la gestión de residuos y la conservación de recursos hídricos. La adopción de prácticas sostenibles en estas áreas no solo minimizará el impacto ambiental del evento, sino que también establecerá un precedente para futuras iniciativas de gran escala.

La implementación de un sistema de gestión de residuos que promueva la reducción, reutilización y reciclaje es fundamental. Estas prácticas se intentan llevar a cabo en la mayoría de los eventos de hoy en día, entre los que se encuentra el actual GP de España en Barcelona, e incluyen la segregación de residuos en el origen, la utilización de materiales biodegradables o reciclables para el merchandising y el packaging, y la colaboración con empresas locales de gestión de residuos para asegurar un tratamiento adecuado. [23]

Por otro lado, el evento debe priorizar la eficiencia en el uso del agua, implementando sistemas de recolección de agua de lluvia, reciclaje de aguas grises para riego y mantenimiento de áreas verdes. Además, es crucial la instalación de sanitarios de bajo consumo y la promoción de prácticas de conservación del agua entre los asistentes y participantes.

Por último, la exploración de tecnologías emergentes en la gestión de residuos y el tratamiento de aguas puede ofrecer soluciones innovadoras para mejorar la sostenibilidad del Gran Premio. Desde el uso de aplicaciones móviles para fomentar la recogida selectiva de residuos e inteligencias artificiales como AIRE, hasta sistemas avanzados de tratamiento y reutilización de aguas, la innovación tecnológica juega un papel crucial en la reducción del impacto ambiental. [24]

Adoptando un enfoque integral y sostenible en la gestión de residuos y el uso de recursos hídricos, el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid puede no solo cumplir con los estándares

ambientales más exigentes, sino también contribuir positivamente al entorno local y establecer un modelo a seguir para eventos futuros.

6.3.3 SENSIBILIZACIÓN Y EDUCACIÓN AMBIENTAL

La integración del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid ofrece una plataforma incomparable para impulsar la sensibilización y educación ambiental, no solo entre los asistentes al evento sino en la comunidad madrileña en general. Este evento global brinda la oportunidad de destacar la importancia de acciones sostenibles y prácticas responsables con el medio ambiente, mediante la implementación de programas y actividades educativas que resalten la urgencia de la conservación ambiental y la sostenibilidad.

6.3.3.1 Programas Educativos en el Evento

Una iniciativa efectiva sería la creación de zonas interactivas dentro del circuito, donde se podrían organizar exposiciones educativas sobre reciclaje, el impacto del cambio climático, y la importancia de la biodiversidad. Estos espacios permitirían a los espectadores aprender mediante la interacción directa con instalaciones y talleres prácticos, complementando la experiencia emocionante de la carrera con un aprendizaje significativo sobre sostenibilidad.

6.3.3.2 Colaboraciones con Organizaciones Ambientales

La alianza con ONGs y entidades dedicadas a la conservación del medio ambiente podría enriquecer enormemente el contenido educativo ofrecido durante el Gran Premio. La participación de expertos y activistas en paneles de discusión y foros abiertos permitiría abordar temáticas de relevancia actual, desde la reducción de la huella de carbono hasta técnicas de conservación de recursos naturales, generando un diálogo enriquecedor con el público.

6.3.3.3 Campañas de Sensibilización Pre-evento y Post-evento

Antes y después del Gran Premio, se podrían desarrollar campañas en medios digitales y tradicionales que enfatizen la relación entre el deporte motor y la sostenibilidad. Estas campañas podrían incluir desafíos de sostenibilidad para los fans, iniciativas de reforestación

patrocinadas por el evento, y programas de compensación de carbono, invitando a una participación activa de la comunidad en esfuerzos de conservación.

6.3.3.4 Educación Ambiental para Niños y Jóvenes

Implementar programas específicos para niños y jóvenes en escuelas y centros comunitarios, relacionados con el Gran Premio, fortalecería el mensaje de sostenibilidad desde edades tempranas. Actividades como concursos de arte reciclado, proyectos escolares sobre tecnologías verdes, y visitas educativas al circuito, podrían inspirar a las nuevas generaciones a adoptar prácticas más sostenibles en su vida diaria.

6.3.4 COLABORACIÓN CON INICIATIVAS LOCALES DE SOSTENIBILIDAD

El Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 se erige no solo como un evento deportivo de primer nivel, sino también como una plataforma para impulsar la sostenibilidad ambiental en la comunidad local. Este compromiso se manifiesta a través de la colaboración estratégica con iniciativas locales enfocadas en la protección del medio ambiente, la promoción de energías renovables y la implementación de prácticas de economía circular.

Una aproximación clave es la integración de programas locales de reforestación, donde el evento actúa como patrocinador o coorganizador de jornadas de plantación de árboles, contribuyendo a la mitigación del cambio climático y la mejora de los espacios verdes urbanos de Madrid. Estas acciones no solo enriquecen el ecosistema local, sino que también fomentan la conciencia y participación ciudadana en la conservación ambiental.

Además, el Gran Premio se asocia con proyectos de energías renovables de la región para asegurar un suministro energético limpio y sostenible para el evento, como se verá en el Capítulo 8. Esta colaboración destaca el compromiso con la reducción de la huella de carbono, alineándose con las metas de sostenibilidad de la ciudad y estableciendo un modelo a seguir para otros eventos de gran envergadura.

Otra dimensión de esta colaboración implica el apoyo a iniciativas de economía circular, incentivando el uso de materiales reciclables y biodegradables en la infraestructura y

logística del evento. Al trabajar conjuntamente con empresas locales especializadas en soluciones sostenibles, el Gran Premio promueve la reducción de residuos y el aprovechamiento eficiente de los recursos.

6.4 IMPACTO ECONÓMICO (PROFIT)

La organización del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid 2026 representa una oportunidad única para evaluar su impacto económico en la ciudad y la región.

Este evento de alta envergadura no solo atraerá a miles de visitantes y generará ingresos significativos a través del turismo y la venta de entradas, sino que también impulsará el desarrollo de diversos sectores económicos locales. Desde el incremento en la ocupación hotelera y las ventas en comercios locales, hasta la creación de empleos directos e indirectos y la promoción internacional de Madrid, el impacto económico del Gran Premio es multifacético y amplio.

En esta sección, se analizarán detalladamente los costes y beneficios del evento, las fuentes de financiación privada y el efecto a largo plazo sobre la economía local, proporcionando una visión exhaustiva y fundamentada de cómo este evento deportivo transformará la economía madrileña.

6.4.1 ANÁLISIS COSTE – BENEFICIO DEL PROYECTO

El análisis coste-beneficio (ACB) es una herramienta fundamental en la evaluación de proyectos de gran envergadura, como la organización del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid 2026. Este tipo de análisis permite identificar y cuantificar tanto los costes como los beneficios asociados al evento, proporcionando una visión clara sobre su viabilidad económica y su impacto global en la región.

El objetivo de esta sección es realizar un ACB exhaustivo del proyecto, considerando aspectos directos e indirectos que afectan a la economía local, el empleo, el turismo, y otros sectores clave.

6.4.1.1 Costes del Proyecto

6.4.1.1.1 Costes Directos

1. Infraestructura y Construcción

La construcción del circuito de Fórmula 1 en Madrid implica una inversión significativa en infraestructura. Los costes asociados incluyen la construcción de la pista, la adecuación de instalaciones temporales y permanentes, la mejora de carreteras y accesos, y la implementación de sistemas de seguridad avanzados.

- *Construcción de la pista:* La construcción de una pista de Fórmula 1 puede costar entre 100 y 200 millones de euros, dependiendo de la complejidad y el diseño del circuito.
- *Instalaciones y equipamiento:* Incluye gradas, paddock, zonas VIP, centros de medios y áreas de hospitalidad, con un coste estimado de 50 millones de euros.
- *Mejoras en infraestructuras viales:* La adecuación y mejora de infraestructuras viales para facilitar el acceso al circuito y minimizar el impacto en el tráfico local pueden ascender a 30 millones de euros.

2. Operación y Logística

Los costes operativos abarcan la organización y gestión del evento, incluidos los salarios del personal, la logística, y la seguridad durante el evento.

- *Personal y seguridad:* Incluye la contratación de personal temporal, fuerzas de seguridad, y servicios de emergencia. Este coste se estima en 10 millones de euros.
- *Logística y servicios:* Gastos relacionados con transporte, alojamiento y servicios adicionales para equipos, pilotos y personal técnico, estimados en 15 millones de euros.

3. Comunicación y Marketing

La promoción del Gran Premio de Fórmula 1 es esencial para asegurar la asistencia y maximizar los beneficios económicos.

- *Campañas de marketing*: Los costes de las campañas publicitarias en medios de comunicación nacionales e internacionales pueden alcanzar los 5 millones de euros.
- *Actividades de promoción*: Incluye eventos de lanzamiento, conferencias de prensa, y actividades promocionales durante todo el año, con un coste estimado de 3 millones de euros.

6.4.1.1.2 Costes Indirectos

1. Impacto Ambiental

La organización de un evento de esta magnitud conlleva un impacto ambiental significativo, principalmente en términos de emisiones de CO₂ y uso de recursos naturales.

- *Compensación de emisiones*: Implementación de programas de compensación de carbono para mitigar las emisiones generadas, con un coste estimado de 1 millón de euros.
- *Gestión de residuos*: Implementación de sistemas de gestión de residuos durante el evento, con un coste estimado de 500.000 euros.

2. Impacto Social

El evento también puede generar costes sociales, como la congestión del tráfico, el ruido y la interrupción de la vida cotidiana de los residentes locales.

- *Medidas de mitigación*: Implementación de medidas para minimizar el impacto en la comunidad local, como la mejora del transporte público y campañas de sensibilización, con un coste estimado de 2 millones de euros.

6.4.1.2 Ingresos del Proyecto

6.4.1.2.1 Ingresos Directos

1. Ingresos por Entradas y Turismo

La venta de entradas y el aumento del turismo representan una fuente significativa de ingresos directos.

- *Venta de entradas:* Con una capacidad de asistencia estimada en 100.000 personas y un precio promedio de entrada de 200 euros, se espera generar ingresos de 20 millones de euros.
- *Gasto turístico:* Se proyecta que cada turista gaste aproximadamente 950 euros durante su estancia en Madrid, lo que supone un ingreso total de 114 millones de euros por parte de los 120.000 visitantes estimados.

2. Patrocinios y Publicidad

Los patrocinios y la venta de espacios publicitarios son otra fuente importante de ingresos.

- *Patrocinios:* Se espera atraer patrocinadores de grandes marcas con un ingreso estimado de 30 millones de euros.
- *Publicidad:* Venta de espacios publicitarios en el circuito y en materiales promocionales del evento, con ingresos estimados de 10 millones de euros.

3. Beneficios para el Comercio Local

El evento impulsará las ventas en sectores como la hostelería, la restauración y el comercio minorista.

- *Hostelería y restauración:* El aumento del turismo impulsará significativamente los ingresos en los sectores de la hostelería y la restauración. Se proyecta que los ingresos adicionales en estos sectores alcancen los 60 millones de euros, beneficiando a hoteles, restaurantes y bares locales.
- *Comercio minorista:* El incremento en el número de visitantes también beneficiará al comercio minorista. Se espera un aumento en las ventas de 20 millones de euros en tiendas locales, centros comerciales y otros puntos de venta.

6.4.1.2.2 Ingresos Indirectos

1. Creación de Empleo

El evento generará una cantidad significativa de empleos tanto temporales como permanentes.

- *Empleo directo*: Creación de 2.200 empleos directos relacionados con la construcción y operación del circuito.
- *Empleo indirecto*: Se estima la generación de 5.100 empleos indirectos en sectores relacionados con el turismo y los servicios.

2. Desarrollo Urbano

Las inversiones en infraestructuras y servicios públicos tendrán un impacto duradero en la ciudad.

- *Infraestructuras de transporte*: Mejora del transporte público y la infraestructura vial, beneficiando a los residentes y visitantes a largo plazo.
- *Servicios públicos*: Fortalecimiento de servicios de salud y seguridad, con beneficios continuos para la comunidad.

3. Promoción Internacional de Madrid

La organización del Gran Premio posicionará a Madrid como un destino turístico y cultural de primer nivel.

- *Impacto mediático*: Cobertura global del evento, mejorando la imagen y atractivo de Madrid a nivel internacional.
- *Aumento del turismo futuro*: Incremento en el número de visitantes a la ciudad en los años siguientes al evento.

6.4.1.3 Conclusión

El análisis coste-beneficio del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid 2026 muestra que, aunque los costes iniciales son significativos, los ingresos proyectados superan ampliamente estos costes, tanto en términos económicos como sociales y ambientales.

Es más, el Gran Premio generará ingresos totales estimados en 783 millones de euros, con costes totales proyectados de 266,5 millones de euros, lo que resultará en un beneficio económico anual neto para la ciudad de 516,5 millones de euros.

La implementación de este proyecto no solo impulsará la economía local mediante el aumento del turismo y la creación de empleo, sino que también posicionará a Madrid como un líder en la organización de eventos deportivos sostenibles, alineados con los objetivos de desarrollo sostenible.

Para maximizar estos beneficios, será crucial una planificación cuidadosa, una gestión eficiente de recursos y una colaboración estrecha entre todos los actores involucrados. [25]

6.4.2 IMPACTO EN LA ECONOMÍA LOCAL

El Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 representa una oportunidad significativa para la economía local. Este tipo de eventos no solo genera ingresos directos a través de la venta de entradas y el turismo, sino que también tiene un efecto multiplicador en diversos sectores de la economía. La presente sección analiza en detalle el impacto económico local del Gran Premio, utilizando comparaciones con eventos similares y basándonos en proyecciones fundamentadas.

6.4.2.1 Efecto Directo en la Economía

El turismo asociado al Gran Premio de Fórmula 1 es una de las principales fuentes de ingresos. Se espera que el evento atraiga a unos 120.000 visitantes, quienes gastarán en promedio 950 euros durante su estancia, lo que incluye alojamiento, alimentación, transporte local, compras y entretenimiento. Esto, como ya se ha comentado en la sección anterior, genera un ingreso total proyectado de 114 millones de euros.

- *Alojamiento:* Con una ocupación hotelera cercana al 100% durante el evento, se estima que los ingresos por alojamiento alcancen los 60 millones de euros, considerando un gasto promedio de 500 euros por estancia.
- *Alimentación y Bebidas:* El gasto en restaurantes y bares se proyecta en 30 millones de euros, basado en un gasto promedio diario de 50 euros por visitante.
- *Compras y Entretenimiento:* Otros gastos, como compras en tiendas locales y actividades de entretenimiento, sumarán aproximadamente 24 millones de euros.

6.4.2.2 Efecto Indirecto en la Economía

- *Beneficios Salariales:* Como se ha comentado en la sección anterior, el evento de F1 de Madrid creará aproximadamente 7.300 empleos. Por tanto, los ingresos salariales para los trabajadores locales, incluyendo empleos directos e indirectos, se proyectan en 452 millones de euros. Este total considera salarios en la construcción de infraestructura, operaciones del evento y el apoyo a las actividades turísticas.
- *Beneficios para el Comercio Local:* En la sección anterior de este proyecto se destacaba la importancia y el impacto de este evento en el comercio local, especialmente en los sectores de hostelería y restauración, y en el comercio minorista, para los que se estima unos ingresos adicionales de 60 y 20 millones respectivamente.

6.4.2.3 Efecto a Largo Plazo

6.4.2.3.1 Desarrollo Urbano y Mejoras en Infraestructura

- *Mejoras en Infraestructura:* Las inversiones realizadas para el evento, como la mejora de carreteras y la construcción de nuevas instalaciones, tendrán un impacto duradero en la infraestructura urbana. Las mejoras en el transporte público y las infraestructuras viales beneficiarán a los residentes y visitantes de Madrid a largo plazo.

- *Valoración de la Propiedad:* El desarrollo de nuevas infraestructuras y la mejora de las existentes pueden aumentar el valor de las propiedades en las áreas circundantes al circuito y otras zonas de influencia del evento.

6.4.2.3.2 Promoción Internacional de Madrid

- *Atractivo Turístico:* El Gran Premio de Fórmula 1 pondrá a Madrid en el mapa como un destino turístico de primer nivel. La cobertura mediática global del evento mejorará la imagen de Madrid y atraerá a más visitantes en el futuro.
- *Inversiones Extranjeras:* El éxito del Gran Premio puede atraer nuevas inversiones extranjeras a Madrid, especialmente en sectores como el turismo, la hostelería, y el comercio.

6.4.2.4 Impacto en los Ingresos Fiscales

- *Ingresos por Impuestos:* El evento generará ingresos significativos para las arcas públicas a través de diversos impuestos. Se estima que los ingresos fiscales adicionales alcancen los 77 millones de euros, incluyendo impuestos sobre ventas, impuestos turísticos, y otros gravámenes asociados al evento y sus actividades colaterales.
- *Aportaciones al Desarrollo Local:* Parte de los ingresos fiscales generados se reinvertirán en la comunidad, financiando proyectos de desarrollo local y mejoras en los servicios públicos.

6.4.2.5 Conclusión

El impacto económico del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid 2026 será amplio y positivo, abarcando tanto beneficios directos como indirectos para la economía local. El aumento del turismo, la creación de empleo y los ingresos fiscales adicionales contribuirán al crecimiento y desarrollo de la ciudad. Las inversiones en infraestructura y la promoción internacional fortalecerán la posición de Madrid como un destino atractivo para futuros eventos y actividades económicas.

Este análisis demuestra que el Gran Premio no solo es viable desde el punto de vista económico, sino que también ofrecerá beneficios sostenibles a largo plazo para la comunidad local. [25]

6.4.3 FUENTES DE FINANCIACIÓN

La financiación de grandes eventos deportivos, como el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026, puede ser un desafío significativo debido a los altos costes involucrados.

Para este proyecto, la organización del evento ha decidido que la financiación sea exclusivamente privada, lo que implica la búsqueda y aseguramiento de fondos provenientes de diversas fuentes del sector privado. Este enfoque no solo garantiza la viabilidad financiera del evento sin recurrir a fondos públicos, sino que también fomenta la participación de múltiples actores económicos interesados en los beneficios asociados al evento. [26]

6.4.3.1 Patrocinadores Corporativos

6.4.3.1.1 Identificación de Patrocinadores Potenciales

1. Empresas del Sector Automovilístico

Las empresas automovilísticas y relacionadas con la movilidad tienen un interés natural en asociarse con eventos de Fórmula 1 debido a la alta visibilidad y alineación con sus productos y servicios. Entre los patrocinadores potenciales se incluyen fabricantes de automóviles, proveedores de piezas y accesorios, y empresas de tecnología automotriz.

- *Fabricantes de Automóviles:* Marcas como Mercedes-Benz, Ferrari, y Red Bull Racing tienen una presencia establecida en la Fórmula 1 y podrían estar interesadas en patrocinar el evento.
- *Proveedores de Piezas y Accesorios:* Empresas como Pirelli (neumáticos) y Bosch (tecnología automotriz) también son candidatos probables para el patrocinio.

2. Empresas de Tecnología y Comunicaciones

El sector tecnológico es un fuerte candidato para el patrocinio debido a su interés en las innovaciones y la tecnología avanzada presente en la Fórmula 1.

- *Empresas de Tecnología:* Gigantes tecnológicos como Microsoft, IBM, y Google pueden ver valor en patrocinar el evento para demostrar sus capacidades tecnológicas.
- *Telecomunicaciones:* Empresas como Vodafone y Telefónica pueden beneficiarse de la exposición mediática global que ofrece el evento.

3. Bienes de Consumo y Servicios

Marcas de lujo, bienes de consumo, y servicios financieros también suelen estar interesadas en asociarse con eventos de alto perfil como la Fórmula 1.

- *Marcas de Lujo:* Rolex, Tag Heuer, y marcas de moda de lujo pueden aprovechar la audiencia de alto poder adquisitivo del evento.
- *Servicios Financieros:* Bancos y empresas de servicios financieros como Santander y HSBC pueden ver el patrocinio como una oportunidad para fortalecer su marca.

6.4.3.1.2 Estructura de Patrocinios

1. Patrocinio Principal

El patrocinio principal ofrece la mayor visibilidad y derechos exclusivos, incluyendo el nombre del patrocinador en el título del evento. Un patrocinador principal podría pagar entre 30 y 50 millones de euros por derechos de nombre y la máxima exposición mediática.

2. Patrocinios Secundarios

Estos patrocinadores reciben visibilidad significativa, aunque menor que el patrocinador principal, y pueden incluir una variedad de sectores. Los paquetes secundarios podrían oscilar entre 10 y 20 millones de euros dependiendo de los beneficios ofrecidos.

3. Patrocinadores Técnicos y Logísticos

Empresas que proporcionan servicios y productos esenciales para el evento pueden ofrecer patrocinios en especie además de contribuciones financieras. Empresas de logística, tecnología, y otros servicios esenciales pueden contribuir tanto con fondos como con soporte técnico valorado en millones de euros. Las empresas mencionadas en el Capítulo 8. son perfectas candidatas para este tipo de patrocinio.

6.4.3.2 Inversores Privados

6.4.3.2.1 Identificación de Inversores

1. Fondos de Inversión y Capital Privado

Fondos de inversión y empresas de capital privado que buscan diversificar sus inversiones pueden ver el evento como una oportunidad atractiva.

Firmas como BlackRock, KKR, y otros grandes inversores institucionales pueden estar interesados en financiar el evento a cambio de una participación en los ingresos futuros.

2. Inversores Individuales de Alto Patrimonio

Inversores individuales con alto patrimonio, también conocidos como High Net Worth Individuals (HNWI), pueden estar interesados en financiar el evento debido a la exclusividad y prestigio asociados con la Fórmula 1.

Los HNWI son individuos interesados en deportes y eventos de alto perfil que pueden aportar fondos significativos para el proyecto.

6.4.3.2.2 Modalidades de Inversión

1. Participación en Ingresos

Los inversores pueden acordar financiar el evento a cambio de una participación en los ingresos generados por la venta de entradas, patrocinios y merchandising. Este modelo puede ofrecer a los inversores un retorno significativo basado en el éxito financiero del evento.

2. Bonos Privados

La emisión de bonos privados para financiar el evento puede atraer a inversores interesados en retornos fijos con bajo riesgo. Bonos con vencimientos a 5-7 años pueden ofrecer tasas de interés atractivas para inversores conservadores.

6.4.3.3 Ventas y Merchandising

Existen ciertas estrategias de comercialización que deben ser valoradas y contempladas de cara a su posible incorporación en el evento, siendo algunas de ellas prácticas habituales en los eventos deportivos.

1. Venta de Entradas y Pases VIP

La venta de entradas, especialmente las de categoría VIP, puede ser una fuente importante de ingresos. Los pases VIP ofrecen experiencias exclusivas, como acceso a zonas restringidas, encuentros con pilotos, y servicios premium. Los ingresos por venta de pases VIP pueden oscilar entre 5 y 10 millones de euros, dependiendo de la oferta y la demanda.

2. Merchandising y Licencias

La venta de productos oficiales y licencias de merchandising puede generar ingresos adicionales significativos. Camisetas, gorras, y otros artículos con la marca del evento pueden aportar entre 3 y 5 millones de euros en ingresos.

3. Derechos de Transmisión

La venta de derechos de transmisión a cadenas de televisión y plataformas de streaming puede representar una de las mayores fuentes de ingresos. Los derechos de transmisión pueden generar entre 20 y 30 millones de euros, dependiendo de la cobertura y el alcance mediático del evento.

6.4.3.4 Conclusión

La financiación privada del Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 se sustenta en una combinación de patrocinadores corporativos, inversores privados, y ventas directas de productos y servicios relacionados con el evento.

Este enfoque diversificado no solo garantiza la viabilidad financiera del proyecto, sino que también maximiza los beneficios económicos y promocionales para la ciudad de Madrid. La participación activa de múltiples actores del sector privado, cada uno contribuyendo desde su área de expertise, asegura un evento exitoso y sostenible. [25]

Capítulo 7. ESTUDIO Y DISEÑO ENERGÉTICO

En esta sección, se realizará un estudio exhaustivo del consumo energético y las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) del Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026.

El análisis estará dividido en tres secciones correspondientes a las emisiones de Scope 1, Scope 2 y Scope 3, siguiendo las pautas del Protocolo de Gases de Efecto Invernadero (GHG Protocol). Se detallarán las actividades específicas y sus respectivos consumos y emisiones.

7.1 METODOLOGÍA DEL ANÁLISIS

El Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 representará un evento significativo tanto en términos de consumo energético como de emisiones de GEI debido a la naturaleza de sus actividades y la infraestructura necesaria.

Para llevar a cabo este estudio, se utilizarán datos históricos y comparativos de eventos similares, en especial del Gran Premio de Las Vegas 2023, y adaptará esas cifras realizando estimaciones basadas en las especificaciones del evento de Madrid.

Se emplearán métodos cuantitativos para calcular el consumo energético y las emisiones de CO₂ de cada actividad, ajustando los factores de emisión específicos a la realidad local y las características del evento.

7.2 CONSUMO ENERGÉTICO TOTAL

El consumo energético total del evento incluirá diversas fuentes de energía, tanto renovables como no renovables. A continuación, se detallan los principales consumidores de energía:

7.2.1 INFRAESTRUCTURA Y CONSTRUCCIÓN

Las obras de infraestructura necesarias para preparar el circuito y las instalaciones temporales representan un importante consumo energético. Esto incluye la construcción de tribunas, paddock, zonas de hospitalidad y otros elementos esenciales.

- *Energía eléctrica para maquinaria y equipos de construcción:* Se estima un consumo de 1.200 MWh durante la fase de construcción, con un factor de emisión de 0,131 kg CO₂/kWh, resultando en aproximadamente 157 toneladas de CO₂. [27]
- *Combustibles fósiles para maquinaria:* Se prevé el uso de 500.000 litros de diésel, con un factor de emisión de 2,68 kg CO₂/litro, resultando en 1.340 toneladas de CO₂. [28]
- *Materiales de construcción:* La producción y transporte de materiales como acero, cemento y asfalto también representan una fuente significativa de emisiones. Se estima que estos procesos generen alrededor de 500 toneladas de CO₂. [29]

De estas tres áreas principales se obtiene una división en tres actividades principales dedicadas de la construcción de infraestructuras:

- *Montaje de tribunas y graderíos:* La instalación de tribunas temporales requerirá el uso de maquinaria pesada y electricidad para herramientas. Se estima un consumo de 500 MWh de electricidad y 100.000 litros de diésel, generando aproximadamente 66 toneladas de CO₂ y 268 toneladas de CO₂ respectivamente.
- *Construcción de zonas de hospitalidad y paddock:* Estas áreas demandarán una cantidad significativa de energía, tanto para la construcción como para su operación. Se estima un consumo total de 700 MWh de electricidad, produciendo 92 toneladas de CO₂.
- *Instalación de sistemas de seguridad y telecomunicaciones:* El despliegue de cámaras de seguridad, sistemas de vigilancia y telecomunicaciones consumirá alrededor de 300 MWh, resultando en 39 toneladas de CO₂.

7.2.2 OPERACIÓN DEL EVENTO

Durante el evento, se consumirá energía para diversas operaciones, tales como iluminación, sonido, transporte y alimentación.

- *Iluminación y sonido:* La iluminación del circuito y las áreas de espectadores consumirá alrededor de 800 MWh, con un factor de emisión similar al de la construcción, generando 105 toneladas de CO₂. [30]
- *Sistemas de ventilación y climatización:* La operación de los sistemas HVAC en áreas cerradas y hospitalidad consumirá aproximadamente 1.000 MWh, produciendo 131 toneladas de CO₂. [31]
- *Transporte:* El transporte terrestre interno, incluyendo vehículos eléctricos y de combustión, tendrá un consumo combinado de 300.000 litros de combustible (800 toneladas de CO₂) y 100 MWh de electricidad (13 toneladas de CO₂). [32]
- *Generadores de emergencia:* El uso de generadores diésel para emergencias se estima en 100.000 litros, produciendo 268 toneladas de CO₂. [33]
- *Alimentación y bebidas:* La preparación de alimentos y bebidas para los asistentes y el personal implicará un consumo energético significativo. Se estima que la operación de cocinas y servicios de catering consume alrededor de 200 MWh, produciendo 26 toneladas de CO₂.

7.2.3 ACTIVIDADES DE TRANSPORTE Y LOGÍSTICA

7.2.3.1 Transporte de Equipos y Personal

- *Logística de transporte de equipos:* El transporte de los equipos de los monoplazas y otros materiales relacionados desde diversos puntos de Europa hacia Madrid se estima que generará aproximadamente 300 toneladas de CO₂, considerando el uso de camiones y furgonetas. [34]
- *Movilidad interna de personal:* La movilidad del personal de organización, seguridad y apoyo dentro del recinto del evento implicará el uso de vehículos

eléctricos y de combustión, con un consumo combinado estimado de 100.000 litros de combustible y 100 MWh de electricidad, resultando en 268 toneladas de CO₂ y 13 toneladas de CO₂ respectivamente.

7.2.3.2 Transporte de Espectadores

- *Viajes en vehículos privados:* Se espera que una gran cantidad de espectadores utilicen vehículos privados para asistir al evento, generando un consumo estimado de 1.000.000 litros de gasolina, produciendo 2.680 toneladas de CO₂.
- *Transporte público:* La promoción del uso del transporte público reducirá en parte las emisiones, aunque se estima un consumo adicional de 200.000 litros de diésel en autobuses y trenes, generando 536 toneladas de CO₂. [35]

7.2.4 ACTIVIDADES DE SERVICIOS Y HOSPITALIDAD

7.2.4.1 Servicios de Catering y Restauración

- *Preparación y servicio de alimentos:* Los servicios de catering y restauración para espectadores y personal consumirán aproximadamente 500 MWh de electricidad y 50.000 litros de gas propano, generando 66 toneladas de CO₂ y 138 toneladas de CO₂ respectivamente.
- *Transporte de alimentos y bebidas:* El transporte de estos productos desde los proveedores al recinto del evento se estima que generará 100 toneladas de CO₂ adicionales. [36]

7.2.4.2 Gestión de Residuos

- *Recolección y tratamiento de residuos sólidos:* La gestión de residuos sólidos generará alrededor de 150 toneladas de CO₂, considerando el transporte y tratamiento en plantas de residuos. [37]

- *Tratamiento de aguas residuales:* El tratamiento de las aguas residuales del evento, incluyendo las generadas por instalaciones sanitarias y servicios de cocina, producirá aproximadamente 50 toneladas de CO₂. [38]

A continuación, se realizará un análisis detallado de las actividades totales (empleando las ya mencionadas y algunas no mencionadas en la sección anterior), dividiendo y detallando las actividades entre los tres scopes de emisiones a analizar:

7.3 EMISIONES DE SCOPE 1

Las emisiones de Scope 1 incluyen todas las emisiones directas de las fuentes controladas por la organización, como el consumo de combustibles fósiles en vehículos y equipos.

7.3.1 EMISIONES POR COMBUSTIÓN DE COMBUSTIBLES

- *Vehículos de competición:* Los monoplasas de Fórmula 1, aunque eficientes, consumen un alto volumen de combustible. Se estima que cada coche consume aproximadamente 110 kg de combustible por carrera. Con 20 coches en el evento y tres días de competición, se espera un consumo total de 6.600 kg de combustible, generando aproximadamente 20 toneladas de CO₂.
- *Vehículos de apoyo y logística:* Se estima que los vehículos de apoyo (camiones, furgonetas, etc.) consumirán unos 300.000 litros de diésel, resultando en 804 toneladas de CO₂.
- *Equipos de generadores:* El uso de generadores de diésel para suministro eléctrico de emergencia producirá 176 toneladas de CO₂.

7.3.2 EMISIONES POR SERVICIOS DE SEGURIDAD Y EMERGENCIA

- *Vehículos de seguridad:* Los vehículos utilizados por los servicios de seguridad, incluyendo patrullas policiales y unidades de respuesta rápida, consumirán aproximadamente 50.000 litros de gasolina y diésel, resultando en 134 toneladas de CO₂.

- *Equipos de bomberos y ambulancias:* Los servicios de emergencia emplearán equipos y vehículos específicos que consumirán alrededor de 20.000 litros de combustible, produciendo 54 toneladas de CO₂.

7.4 EMISIONES DE SCOPE 2

Las emisiones de Scope 2 son indirectas y provienen del consumo de electricidad adquirida por la organización.

7.4.1 CONSUMO DE ELECTRICIDAD

- *Infraestructura del evento:* Incluye la iluminación de pistas, áreas comunes y zonas de hospitalidad, con un consumo total estimado de 2.500 MWh durante los días del evento y la preparación. Con un factor de emisión de 0,131 kg CO₂/kWh, esto resultará en aproximadamente 328 toneladas de CO₂. [27]
- *Centros de datos y telecomunicaciones:* El consumo energético de los centros de datos y sistemas de telecomunicaciones será de 500 MWh, generando alrededor de 66 toneladas de CO₂.
- *Consumo de energía en áreas de hospitalidad y servicios:* Estimado en 2.000 MWh, produciendo 262 toneladas de CO₂.
- *Energía para sistemas de climatización:* Los sistemas de aire acondicionado y calefacción en las áreas de hospitalidad y servicios consumirán aproximadamente 1.000 MWh, resultando en 131 toneladas de CO₂.

7.5 EMISIONES DE SCOPE 3

Las emisiones de Scope 3 incluyen todas las emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor del evento, excluyendo las emisiones de Scope 2.

7.5.1 TRANSPORTE DE ESPECTADORES Y PARTICIPANTES

- *Viajes aéreos internacionales y nacionales:* Se estima que alrededor de 80.000 espectadores y participantes viajarán en avión, generando aproximadamente 6.800 toneladas de CO₂.
- *Transporte terrestre:* El transporte terrestre de espectadores y participantes desde y hacia el evento producirá aproximadamente 1.200 toneladas de CO₂.

7.5.2 FABRICACIÓN Y TRANSPORTE DE EQUIPOS

- *Equipos y materiales:* La fabricación y transporte de equipos, incluyendo los monoplazas y componentes tecnológicos, producirán aproximadamente 500 toneladas de CO₂.
- *Suministro de alimentos y bebidas:* El transporte de alimentos y bebidas desde los proveedores hasta el evento generará alrededor de 500 toneladas de CO₂.

7.5.3 RESIDUOS Y GESTIÓN DE RESIDUOS

- *Residuos sólidos:* La generación y gestión de residuos sólidos, incluyendo la recolección, transporte y disposición, producirá aproximadamente 200 toneladas de CO₂.
- *Residuos líquidos:* El tratamiento y disposición de residuos líquidos y aguas residuales generará alrededor de 100 toneladas de CO₂.

Tras finalizar el análisis por scopes, se obtiene que el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 generará un total de aproximadamente 12.000 toneladas de CO₂ distribuidas de la siguiente manera:

- *Scope 1:* 1.000 toneladas de CO₂
- *Scope 2:* 2.500 toneladas de CO₂
- *Scope 3:* 8.500 toneladas de CO₂

Este análisis detallado proporciona una base sólida para la implementación de medidas de mitigación y eficiencia energética, con el objetivo de reducir la huella de carbono del evento y establecer un modelo sostenible para futuros eventos de Fórmula 1.

7.6 COMPARACIÓN CON EL GRAN PREMIO DE LAS VEGAS 2023

Para ofrecer una perspectiva comparativa y validar las estimaciones, se utilizarán datos del Gran Premio de Las Vegas 2023, ajustándolos a las condiciones y escalas específicas del evento en Madrid. [25]

7.6.1 ANÁLISIS COMPARATIVO

- *Consumo energético:* El Gran Premio de Las Vegas 2023 tuvo un consumo energético total de aproximadamente 15.000 MWh, repartidos entre electricidad (9.000 MWh) y combustibles fósiles (6.000 MWh). Comparativamente, el evento de Madrid está diseñado para ser más eficiente, con un consumo total estimado de 12.000 MWh.
- *Emisiones de GEI:* Las emisiones totales del evento de Las Vegas fueron de aproximadamente 15.000 toneladas de CO₂. La distribución por scopes fue: Scope 1 con 4.000 toneladas, Scope 2 con 5.000 toneladas y Scope 3 con 6.000 toneladas. En comparación, el evento de Madrid tiene un objetivo de reducción de emisiones, con un total de 12.000 toneladas de CO₂, repartidas en Scope 1 (1.000 toneladas), Scope 2 (2.500 toneladas) y Scope 3 (8.500 toneladas).

7.6.2 LECCIONES APRENDIDAS Y MEDIDAS DE MITIGACIÓN

- *Eficiencia energética:* Implementar medidas de eficiencia energética en iluminación y sistemas HVAC, como el uso de tecnología LED y sistemas de gestión energética avanzados.
- *Transporte sostenible:* Promover el uso del transporte público y vehículos eléctricos, incluyendo la infraestructura necesaria para la recarga de vehículos eléctricos en el recinto del evento.

- *Gestión de residuos:* Adoptar un sistema de gestión de residuos sólido, con énfasis en la reducción, reutilización y reciclaje, minimizando la cantidad de residuos enviados a vertederos.

Estas lecciones aprendidas de la comparativa con otros eventos serán de vital importancia para, en el siguiente capítulo, detallar y analizar las soluciones propuestas para reducir la huella de carbono y convertir al futuro Gran Premio de F1 de Madrid en un evento de cero emisiones netas.

7.7 CONCLUSIÓN

El Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 se enfrenta al desafío de organizar un evento de alta envergadura minimizando su impacto ambiental. Mediante el análisis detallado de los consumos energéticos y las emisiones de GEI, y la implementación de medidas de mitigación efectivas, es posible alcanzar los objetivos de sostenibilidad establecidos.

Este enfoque no solo contribuirá a la reducción de la huella de carbono del evento, sino que también establecerá un modelo a seguir para futuros eventos de Fórmula 1 y otros eventos deportivos a gran escala.

Capítulo 8. DECÁLOGO DE SOLUCIONES

TECNOLÓGICAS

8.1 MEDICIÓN DE LAS EMISIONES DEL CIRCUITO Y GESTIÓN ENERGÉTICA EFICIENTE MEDIANTE IA

8.1.1 INTRODUCCIÓN A LA SOLUCIÓN

La correcta medición de las emisiones de carbono es esencial para implementar estrategias efectivas de reducción y mitigación en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026. La utilización de tecnologías avanzadas, como la inteligencia artificial (IA), permite una medición precisa y en tiempo real de las emisiones, facilitando la toma de decisiones informadas. Microsoft Cloud for Sustainability se presenta como una solución robusta y escalable que puede integrarse en la gestión del evento para alcanzar los objetivos de cero emisiones netas.

8.1.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

8.1.2.1 Herramientas y Tecnologías

La implementación de la solución se basa en la plataforma Microsoft Cloud for Sustainability, que incluye herramientas como Microsoft Azure IoT, Microsoft Dynamics 365, y Power BI. Estas herramientas permiten la recopilación, análisis y visualización de datos en tiempo real, proporcionando una visión integral de las emisiones en el circuito.

8.1.2.2 Pasos para la Implementación

1. *Recopilación de Datos:* Colocación de sensores IoT en puntos estratégicos del circuito para medir las emisiones de CO₂, consumo energético, y otros parámetros ambientales. Los sensores transmiten datos en tiempo real a la nube. También se

- realizará una integración con sistemas de monitorización existentes en vehículos, instalaciones y equipos de apoyo, además de recopilación de datos de fuentes externas como proveedores de energía.
2. *Integración con Microsoft Azure IoT*: Los datos recopilados por los sensores se integran en la plataforma Microsoft Azure IoT, donde se procesan y almacenan.
 3. *Análisis de Datos con IA*: Utilización de algoritmos de IA en Microsoft Azure para analizar los datos en tiempo real, identificar patrones y predecir picos de emisiones.
 4. *Visualización de Datos con Power BI*: Creación de dashboards interactivos en Power BI para visualizar las emisiones en tiempo real y facilitar la toma de decisiones. Estos dashboards estarán disponibles para los organizadores del evento y las autoridades locales.
 5. *Acciones Correctivas en Tiempo Real*: Implementación de alertas y recomendaciones automáticas basadas en el análisis de IA para tomar acciones correctivas inmediatas, como la optimización del uso de energía o la gestión del tráfico en el circuito.

8.1.2.3 Colaboraciones y Cronograma

La implementación requiere colaboración con empresas especializadas en IoT y análisis de datos, como Siemens y IBM. El cronograma estimado para la implementación completa es de 12 meses, distribuidos de la siguiente manera:

- Mes 1-3: Planificación y diseño del sistema.
- Mes 4-6: Instalación de sensores y configuración de la infraestructura de Azure IoT.
- Mes 7-9: Desarrollo e implementación de algoritmos de IA.
- Mes 10-12: Pruebas, ajustes y formación del personal.

8.1.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Scope 1. Emisiones Directas: Las emisiones directas en el circuito provienen principalmente de los vehículos de carrera y la maquinaria utilizada para la preparación del evento. La correcta medición permitirá identificar y cuantificar estas emisiones con precisión.

Scope 2. Emisiones Indirectas de Energía: Estas emisiones se generan a partir del consumo de electricidad y calefacción del evento. Medir y analizar el consumo energético en tiempo real permitirá optimizar el uso de recursos y reducir las emisiones asociadas.

Scope 3. Otras Emisiones Indirectas: Incluyen las emisiones de transporte de equipos, personal y público asistente, así como la producción de residuos. La implementación de una correcta medición permitirá desarrollar estrategias para minimizar estas emisiones, como fomentar el uso de transporte público y optimizar la logística del evento.

8.1.3.1 Estimaciones de Reducción de Emisiones

El Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid tiene una huella de carbono total de aproximadamente 12.000 toneladas de CO₂. Con una correcta medición y estrategias de mitigación basadas en IA, se estima una reducción de emisiones en los tres scopes de la siguiente manera:

- Scope 1: Reducción del 30% (aproximadamente 300 toneladas de CO₂) mediante la optimización del uso de vehículos y maquinaria.
- Scope 2: Reducción del 40% (aproximadamente 1.000 toneladas de CO₂) mediante la gestión eficiente del consumo energético.
- Scope 3: Reducción del 20% (aproximadamente 1.700 toneladas de CO₂) mediante la mejora en la logística y el transporte.

La implementación de Microsoft Cloud for Sustainability y la correcta medición de las emisiones podría reducir la huella de carbono del evento en aproximadamente 3.000 toneladas de CO₂, lo que representa una reducción total del 25% de las emisiones del evento.

8.1.4 IMPACTO SOCIAL

La implementación de tecnologías avanzadas para la medición de emisiones no solo tiene un impacto positivo en el medioambiente, sino que también influye significativamente en la sociedad. Al involucrar a la comunidad en iniciativas sostenibles y proporcionar datos

transparentes sobre las emisiones y las estrategias de reducción, se fomenta una mayor conciencia y participación ciudadana.

La visualización de los datos de emisiones en tiempo real en plataformas accesibles para el público, como aplicaciones móviles o sitios web, puede aumentar la conciencia sobre la importancia de la sostenibilidad. Además, la colaboración con escuelas y universidades para desarrollar programas educativos basados en los datos recopilados puede inspirar a las futuras generaciones a adoptar prácticas sostenibles.

Por otro lado, iniciativas como la creación de grupos de voluntarios para monitorear y gestionar las emisiones, así como la participación en actividades de reforestación y reciclaje, pueden fortalecer el vínculo entre el evento y la comunidad local. Esto no solo mejora la percepción del evento, sino que también promueve una cultura de sostenibilidad en la ciudad.

Además, la reducción de emisiones y la optimización del uso de recursos tienen un impacto directo en la calidad del aire y el entorno urbano. Esto contribuye a un ambiente más saludable para los residentes y visitantes, mejorando la calidad de vida en Madrid.

8.1.5 IMPACTO ECONÓMICO

La implementación de Microsoft Cloud for Sustainability y las tecnologías asociadas tiene implicaciones económicas significativas para los organizadores del evento, la ciudad de Madrid y sus residentes.

8.1.5.1 Coste de Implementación

La inversión inicial para la instalación de sensores IoT, la configuración de la infraestructura de Azure, el desarrollo de algoritmos de IA y la creación de dashboards interactivos se estima en aproximadamente 2 millones de euros. Esta inversión incluye los costes de hardware, software, consultoría y formación.

8.1.5.2 Ahorros y Beneficios Económicos

- *Ahorros Energéticos:* La optimización del consumo energético puede generar ahorros significativos. Se estima que una reducción del 20% en el consumo de

electricidad podría traducirse en ahorros de aproximadamente 500.000 euros durante el evento.

- *Reducción de Costes Operativos:* La mejora en la eficiencia logística y la gestión de residuos puede reducir los costes operativos en aproximadamente 300.000 euros.
- *Generación de Ingresos:* La transparencia y el compromiso con la sostenibilidad pueden atraer patrocinadores y socios interesados en asociarse con un evento sostenible. Se estima que la atracción de nuevos patrocinadores podría generar ingresos adicionales de aproximadamente 1 millón de euros.

8.1.5.3 Retorno de la Inversión (ROI)

Considerando los ahorros y beneficios económicos estimados, el retorno de la inversión para la implementación de Microsoft Cloud for Sustainability se proyecta en un período de 2 a 3 años. Este ROI positivo demuestra que las inversiones en tecnologías sostenibles no solo benefician al medioambiente, sino que también son económicamente viables.

8.1.6 PRÓXIMOS PASOS

Para garantizar una implementación exitosa y maximizar el impacto de la correcta medición de las emisiones en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026, se deben seguir los siguientes pasos:

8.1.6.1 Mes 1-3: Planificación y diseño del sistema.

- Identificación de puntos estratégicos para la instalación de sensores
- Desarrollo del plan de integración con Microsoft Azure IoT
- Definición de algoritmos de IA y métricas clave

8.1.6.2 Mes 4-6: Instalación de Sensores y Configuración de Infraestructura

- Instalación de sensores IoT en el circuito
- Configuración de la infraestructura de Azure IoT
- Desarrollo de dashboards en Power BI

8.1.6.3 Mes 7-9: Desarrollo e Implementación de Algoritmos de IA

- Programación y pruebas de algoritmos de IA
- Integración de sistemas de alertas y recomendaciones automáticas
- Pruebas iniciales y ajustes de los sistemas

8.1.6.4 Mes 10-12: Pruebas, Ajustes y Formación del Personal

- Realización de pruebas completas del sistema
- Ajustes basados en los resultados de las pruebas
- Formación del personal encargado de la monitorización y gestión de las emisiones

8.1.6.5 Continuo: Monitorización y Optimización

- Monitorización continua de las emisiones y el rendimiento del sistema
- Optimización de algoritmos y procesos basados en datos recopilados
- Reportes regulares y actualización de estrategias de mitigación

8.1.7 CONCLUSIÓN

La correcta medición de las emisiones utilizando tecnologías avanzadas como la IA y Microsoft Cloud for Sustainability es fundamental para lograr un evento de cero emisiones netas en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026. Esta solución no solo permite una gestión eficiente y precisa de las emisiones, sino que también impulsa la sostenibilidad, mejora la calidad de vida y genera beneficios económicos significativos. La implementación de esta solución sentará un precedente para futuros eventos deportivos sostenibles en todo el mundo.

8.2 PLACAS SOLARES

8.2.1 INTRODUCCIÓN A LA SOLUCIÓN

La energía solar fotovoltaica se ha consolidado como una de las principales fuentes de energía renovable debido a su capacidad para generar electricidad de manera limpia y sostenible. La instalación de placas solares en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026

ofrece una solución efectiva para reducir las emisiones de carbono asociadas al evento. La implementación de esta tecnología no solo contribuirá a la disminución de la huella de carbono del evento, sino que también servirá como un ejemplo de compromiso con la sostenibilidad en eventos deportivos de gran envergadura.

8.2.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para la implementación de las placas solares en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid, se consideran dos opciones principales: la instalación de placas solares en el circuito y la construcción de un parque solar cercano al circuito. Ambas opciones requieren un análisis detallado en términos de capacidad de generación, espacio disponible, coste de instalación y eficiencia energética.

8.2.2.1 Instalación de Placas Solares en el Circuito

Para determinar la cantidad de energía que se puede generar mediante la instalación de placas solares en el circuito, primero es necesario evaluar el espacio disponible en las infraestructuras existentes, como techos de edificios, tribunas y áreas no utilizadas dentro del recinto. Analizando la Ilustración 1 se puede destinar el equivalente a un 5% de las instalaciones con superficie cubierta de IFEMA para la instalación de placas solares, es decir, 10.000 m².

La capacidad de generación de un panel solar se calcula utilizando la fórmula:

$$E = A \times G \times \eta$$

donde:

- E es la energía generada en kWh
- A es el área de los paneles en m²
- G es la irradiación solar media diaria en kWh/m²
- η es la eficiencia del panel solar

Junto con los 10.000 m² disponibles para instalación de placas solares y el dato de la irradiación solar media en Madrid, la cual es de 5,7 kWh/m²/día, asumiendo la utilización de paneles solares con una eficiencia estándar del 18%, la energía diaria generada sería: [39] [40]

$$E = 10.000\text{m}^2 \times 5,7\text{kWh/m}^2/\text{día} \times 0,18 = 10.260\text{kWh/día}$$

Por otro lado, el coste de instalación de los paneles solares se estima en 1.000 €/kW instalado, y el mantenimiento anual puede rondar los 20 €/kW. Dadas las 2.691 horas de sol al año de las que dispone la Comunidad de Madrid (7,4 horas al día), podemos aproximar el número de kW instalados necesarios a 1.400 kW. Por lo tanto, el coste de instalación sería de 1.400.000 € y el coste anual de mantenimiento sería de 28.000 €. [39]

8.2.2.2 Construcción de un Parque Solar Cercano al Circuito

Para un parque solar cercano al circuito, es necesario seleccionar un terreno adecuado. Suponiendo la disponibilidad de un terreno de 50.000 m², la capacidad de generación se calcula de manera similar a la instalación en el circuito, pero considerando la mayor escala.

Con una irradiación solar de 5,7 kWh/m²/día y paneles con una eficiencia del 18%, la energía diaria generada sería: [39] [40]

$$E = 50.000\text{m}^2 \times 5,7\text{kWh/m}^2/\text{día} \times 0,18 = 51.300\text{kWh/día}$$

Esto equivale a una capacidad instalada de 7.000 kW (considerando los rendimientos especificados en el apartado anterior). [39]

Sin embargo, el coste de instalación de los paneles solares en un parque solar se estima en 900 €/kW debido a la economía de escala, y el mantenimiento anual en 18 €/kW. Para una capacidad instalada de 7.000 kW, el coste de instalación sería de 6.300.000 € y el coste anual de mantenimiento sería de 126.000 €.

8.2.3 CONSIDERACIONES TÉCNICAS Y RECOMENDACIONES

8.2.3.1 Selección de Tecnología

La tecnología de los paneles solares ha avanzado significativamente en los últimos años, ofreciendo diversas opciones según las necesidades y condiciones específicas del proyecto. Para el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid, se recomienda considerar las siguientes tecnologías:

- *Paneles Monocristalinos*: Ofrecen la mayor eficiencia (entre 18% y 22%) y son ideales para áreas con limitaciones de espacio debido a su alta densidad energética.
- *Paneles Policristalinos*: Tienen una eficiencia ligeramente menor (entre 15% y 17%) pero son más económicos. Pueden ser adecuados para el parque solar donde el espacio no es tan limitado.
- *Paneles de Película Fina*: Son menos eficientes (entre 10% y 12%) pero más flexibles y ligeros, lo que puede ser ventajoso para ciertas áreas del circuito.

8.2.3.2 Orientación e Inclinación

La orientación e inclinación de los paneles solares son cruciales para maximizar la captura de energía solar. En Madrid, la mejor orientación es hacia el sur con una inclinación de aproximadamente 30 grados. Esto optimiza la exposición solar durante todo el año.

8.2.3.3 Integración con la Red Eléctrica

La energía generada por los paneles solares debe ser integrada de manera eficiente con la red eléctrica del circuito y del parque solar. Esto requiere inversores de alta calidad que conviertan la corriente continua (DC) generada por los paneles en corriente alterna (AC) utilizada por la mayoría de los sistemas eléctricos.

8.2.3.4 Almacenamiento de Energía

Para asegurar un suministro continuo de energía, especialmente durante horas de poca luz solar o por la noche, es recomendable instalar sistemas de almacenamiento de energía como

baterías. Las baterías de iones de litio son una opción popular debido a su alta densidad energética y durabilidad.

8.2.3.5 Evaluación y Monitoreo

Una vez instaladas, es crucial realizar una evaluación y monitoreo continuos del rendimiento de los paneles solares para asegurar que están operando a su máxima eficiencia y detectar cualquier problema a tiempo. Para ello, en este proyecto se recomienda considerar los siguientes puntos adicionales:

- *Sistemas de Monitoreo*: Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real que proporcionen datos sobre la producción de energía, el rendimiento del sistema y el estado de las baterías.
- *Mantenimiento Regular*: Realizar inspecciones y mantenimientos periódicos para limpiar los paneles, verificar las conexiones y asegurar que los inversores y las baterías funcionen correctamente.
- *Análisis de Datos*: Utilizar los datos recolectados para analizar tendencias, identificar posibles mejoras y optimizar el rendimiento del sistema a largo plazo.

8.2.4 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

La implementación de placas solares tendrá un impacto significativo en la reducción de las emisiones de carbono del evento, afectando tanto el scope 1, scope 2 y scope 3 de las emisiones.

8.2.4.1 Reducción en Scope 1 y Scope 2

La energía generada por las placas solares puede sustituir parcialmente el uso de generadores diésel y electricidad obtenida de la red.

Como se ha visto en el apartado anterior, sumando la energía diaria generada por ambos métodos vistos, se podría obtener aproximadamente 60.000 kWh/día. Si lo multiplicamos por los 3 días que dura un evento de F1 se obtienen 180.000 kWh generados.

Por otro lado, con el dato del CO₂ equivalente por kWh medio en España en el año 2023, el cual es de 0,131 kg CO₂/kWh, podemos calcular las emisiones de CO₂ evitadas con la siguiente fórmula: [27]

$$\text{Emisiones evitadas} = 180.000 \text{ kWh} * 0,131 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kWh}} = 23.580 \text{ kg CO}_2$$

8.2.4.2 Reducción en Scope 3

El scope 3 incluye todas las demás emisiones indirectas, como las de los proveedores y el transporte. La energía solar contribuye indirectamente a la reducción del scope 3 al disminuir la demanda de combustibles fósiles y promover prácticas sostenibles en la cadena de suministro. Asumiendo una moderada hipótesis en la que la mediante la implementación de placas solares se reduce las emisiones en un 0,1% del total del scope 3:

$$\text{Emisiones evitadas} = 8.500 \text{ ton CO}_2 \times 0,001 = 8,5 \text{ ton CO}_2$$

8.2.4.3 Total de Emisiones Evitadas

La implementación de placas solares podría evitar aproximadamente 8,5 toneladas de CO₂ durante los 3 días que dura el evento. Sin embargo, se debe considerar para el cálculo de las emisiones evitadas el hecho de que las placas solares podrían estar activas durante los 365 días del año, empleando la energía limpia para múltiples usos.

Por tanto, las emisiones totales evitadas seguirían la siguiente ecuación:

$$\begin{aligned} \text{Emisiones evitadas} &= 8.500 \text{ kg CO}_2 + 60.000 \frac{\text{kWh}}{\text{día}} * 365 \text{ días} * 0,131 \frac{\text{kg CO}_2}{\text{kWh}} \\ &= 2.877 \text{ ton CO}_2 \end{aligned}$$

Estas emisiones de CO₂ evitadas equivalen a una reducción del 24% en la huella de carbono total del evento.

8.2.5 IMPACTO SOCIAL

La implementación de placas solares en el Gran Premio de Fórmula 1 no solo tiene beneficios medioambientales, sino también sociales. La adopción de energía solar en un evento de alto perfil fomenta la conciencia sobre la importancia de las energías renovables y la sostenibilidad entre los asistentes y el público en general. Esto puede inspirar a otros eventos y a la población a adoptar prácticas más sostenibles.

Por otro lado, la instalación y mantenimiento de las placas solares generará empleo local, desde la construcción hasta la operación del parque solar, impulsando la economía local.

Por último, la implementación de energías verdes en el circuito puede incluir programas educativos y de divulgación para estudiantes y profesionales, destacando los beneficios de las energías renovables y la tecnología detrás de los paneles solares.

8.2.6 IMPACTO ECONÓMICO

El impacto económico de la implementación de placas solares abarca tanto los costes de instalación y mantenimiento como los beneficios a largo plazo en términos de ahorro energético y generación de empleo.

8.2.6.1 Costes de Implementación

Como se detalló anteriormente, el coste de instalación de las placas solares en el circuito sería de aproximadamente 1.400.000 €, mientras que el parque solar cercano tendría un coste de 6.300.000 €.

Mientras que el mantenimiento anual para las instalaciones en el circuito se estima en 28.000 €, y para el parque solar en 126.000 €.

8.2.6.2 Ahorro Energético

La energía generada por las placas solares reduce la dependencia de la electricidad de la red, generando un ahorro significativo. Empleando el coste de la electricidad estimado por el

ministerio para la Transición Ecológica de España para 2025, el cual es de 0,07819 €/kWh, el ahorro anual para 21.900.000 kWh generados (entre ambas instalaciones) sería: [41]

$$\text{Ahorro anual} = 21.900.000 \text{ kWh} \times \frac{0,07819\text{€}}{\text{kWh}} = 1.712.361 \text{ €}$$

8.2.6.3 Impacto en la Economía Local

La instalación y operación de las placas solares generarán empleos locales, tanto temporales como permanentes, impulsando la economía local. Estimaciones sugieren que cada MW de capacidad instalada crea aproximadamente 5 empleos directos y 15 empleos indirectos durante la fase de construcción, y 1 empleo permanente por cada MW durante la operación. [42]

Por tanto, mediante la construcción de las placas solares se generarían un total de 29 empleos. Con lo que, si asumimos que por cada puesto de trabajo se percibirán 30.000 €/año (sueldo medio español de 2023), se generarán un total de 870.000 € en creación de empleo. [43]

8.2.6.4 Retorno de la Inversión (ROI)

El retorno de la inversión se calcula considerando los ahorros anuales y los costes de implementación. Suponiendo un periodo de análisis de 20 años:

$$\begin{aligned} ROI &= \frac{\text{Beneficio neto} - \text{Coste de inversión}}{\text{Coste de inversión}} * 100 \\ &= \frac{(1.712.361 - 154.000) * 20 - 7.700.000}{7.700.000} * 100 = 305\% \end{aligned}$$

Este cálculo indica de una manera muy simplificada que, desde un punto de vista puramente económico, la inversión se recupera antes de los 20 años. Sin embargo, para un cálculo más detallado es importante considerar los beneficios ambientales y sociales que no están reflejados en este cálculo financiero.

8.2.7 BENEFICIOS ADICIONALES

Además de los impactos directos en la reducción de emisiones y el ahorro económico, la implementación de placas solares en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid ofrece varios beneficios adicionales:

- *Innovación y Liderazgo*: El evento se posicionará como un líder en sostenibilidad e innovación tecnológica, estableciendo un estándar para otros eventos deportivos y masivos.
- *Compromiso con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*: Contribuye a los ODS, especialmente el ODS 7 (Energía asequible y no contaminante) y el ODS 13 (Acción por el clima).
- *Responsabilidad Social Corporativa (RSC)*: Refuerza el compromiso del evento y sus patrocinadores con la RSC, mejorando su imagen y reputación ante los stakeholders.

8.2.8 PRÓXIMOS PASOS

Para la implementación de placas solares en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid, se sugiere el siguiente roadmap:

8.2.8.1 Estudio de Viabilidad (6 meses)

- Evaluación del espacio disponible
- Análisis detallado de costes y beneficios
- Identificación de proveedores y tecnologías

8.2.8.2 Diseño y Planificación (4 meses)

- Diseño detallado del sistema de placas solares
- Obtención de permisos y licencias necesarias
- Planificación logística y de instalación

8.2.8.3 Contratación y Preparación del Sitio (2 meses)

- Selección de contratistas y proveedores
- Preparación del sitio para la instalación

8.2.8.4 Instalación de Placas Solares (6 meses)

- Instalación de estructuras y paneles solares
- Conexión al sistema eléctrico del circuito y del parque solar

8.2.8.5 Puesta en Marcha y Pruebas (2 meses)

- Pruebas de funcionamiento y eficiencia
- Ajustes y calibración del sistema

8.2.8.6 Operación y Mantenimiento (continuo)

- Mantenimiento regular y monitoreo de rendimiento
- Ajustes y mejoras según sea necesario

Este roadmap asegura una implementación eficiente y efectiva de las placas solares, contribuyendo significativamente a la reducción de la huella de carbono del evento y promoviendo un futuro más sostenible.

8.2.9 CONCLUSIÓN

La instalación de placas solares para el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 es una solución viable y efectiva para reducir las emisiones netas del evento. Con una planificación adecuada, esta iniciativa no solo contribuirá a la sostenibilidad del evento, sino que también proporcionará beneficios económicos, sociales y medioambientales a largo plazo. A través de la implementación de tecnologías avanzadas y un enfoque en la eficiencia energética, el Gran Premio de Madrid puede convertirse en un modelo a seguir para futuros eventos deportivos sostenibles.

8.3 PARQUE EÓLICO

8.3.1 INTRODUCCIÓN A LA SOLUCIÓN

La energía eólica se ha consolidado como una de las fuentes de energía renovable más prometedoras y sostenibles en la lucha contra el cambio climático. Su capacidad para generar electricidad sin emisiones de gases de efecto invernadero la convierte en una alternativa viable para reducir la huella de carbono en eventos de gran magnitud, como el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026. Esta solución propone la implementación de un parque eólico que suministre parte de la energía necesaria para el evento, con el objetivo de disminuir las emisiones netas y promover un futuro más sostenible.

8.3.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

8.3.2.1 Opciones de Implementación

Para el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026, se consideran dos principales opciones para integrar la energía eólica:

- *Compra de energía de un parque eólico existente:* Esta opción implica adquirir energía de un parque eólico cercano, lo que permite una implementación más rápida y sencilla.
- *Construcción de un nuevo parque eólico:* Establecer un parque eólico dedicado para el evento en una zona apropiada del país, lo que implica una mayor inversión inicial, pero ofrece beneficios a largo plazo.

8.3.2.2 Diseño y Cálculos Técnicos

La construcción de un parque eólico requiere un análisis detallado de varios factores, como la velocidad del viento, el tipo de turbinas y la capacidad de generación. A continuación, se calculará la demanda energética que sería capaz de suministrar en un año un parque eólico pequeño que cuente con 3 turbinas:

Energía suministrada (MWh)

$$= \text{Capacidad instalada} * \text{Horas en un año} * \text{Factor de capacidad}$$

Siendo la capacidad instalada:

$$\text{Capacidad instalada (MW)} = N^{\circ} \text{ turbinas} * \text{Potencia turbina}$$

- Factor de capacidad: Asumimos un factor de capacidad del 35% (promedio para parques eólicos terrestres en España).
- Horas en un año: 8.760 horas.
- Potencia turbina: En la actualidad, las turbinas cuentan con potencias de entre 2 y 3 MW. Los cálculos se realizarán para turbinas de 3 MW. [44]

Sustituyendo los valores:

$$\text{Energía suministrada} = 3 * 3 * 8760 * 0,25 = 19.710 \text{ MWh}$$

Por tanto, la instalación de un parque eólico con 3 turbinas de 3MW cada una, proporcionará un total de 19,71 GWh anuales.

8.3.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

La implementación de energía eólica tiene un impacto positivo significativo en el medioambiente, especialmente en términos de reducción de emisiones de CO₂. A continuación se analiza el impacto en los tres scopes de emisiones definidos en el contexto del evento.

8.3.3.1 Scope 1

La energía eólica no impacta directamente en el Scope 1, ya que no reemplaza directamente el combustible utilizado por los coches de carrera. Sin embargo, al reducir la necesidad de generadores diésel para otras necesidades energéticas del evento, se puede disminuir el consumo de combustibles fósiles en el sitio.

8.3.3.2 Scope 2

El Scope 2 incluye las emisiones indirectas de la energía comprada. La energía eólica sustituiría parte de la electricidad de la red, que en España aún tiene una mezcla significativa de combustibles fósiles. Suponiendo la energía suministrada calculada en el apartado anterior de 19,71 GWh anuales y considerando el mix energético actual de España con una intensidad de carbono de aproximadamente 0,131 kg CO₂/kWh, la reducción de emisiones se calcula como sigue: [27]

Emisiones Reducidas (ton CO₂)

$$\begin{aligned} &= \text{Energía suministrada (kWh)} * \text{Intensidad de Carbono} \left(\frac{\text{ton CO}_2}{\text{kWh}} \right) \\ &= 19.710 * 0,131 = 2.582 \text{ ton CO}_2 \end{aligned}$$

Por lo tanto, al utilizar energía eólica para satisfacer la demanda de 19,71 GWh, se reducirían aproximadamente 2.582 toneladas de CO₂ en el Scope 2.

8.3.3.3 Scope 3

El Scope 3 abarca todas las demás emisiones indirectas. Esto incluye las emisiones de la cadena de suministro y la logística. La construcción de un parque eólico genera emisiones de Scope 3 durante la fabricación, transporte e instalación de las turbinas. Sin embargo, estas emisiones son compensadas a largo plazo por la generación continua de energía limpia. Para un análisis completo, se debe considerar el ciclo de vida de las turbinas eólicas.

Un estudio indica que las turbinas eólicas tienen una vida útil de aproximadamente 20-25 años, durante los cuales las emisiones evitadas, que pueden llegar a ser alrededor de 200.000 toneladas de CO₂ para una sola turbina de 3 MW, superan con creces las emisiones iniciales de fabricación, instalación, operación, mantenimiento y desmantelamiento, que son significativamente menores en comparación. Este balance positivo refuerza la viabilidad de la energía eólica como una solución efectiva para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en el largo plazo. [45]

8.3.4 IMPACTO SOCIAL

La implementación de un parque eólico no solo contribuye a la reducción de emisiones, sino que también tiene múltiples beneficios sociales. Promueve la conciencia ambiental entre los asistentes y la comunidad local, y puede generar empleo tanto en la fase de construcción como en la de operación y mantenimiento. Además, al asociarse con energía renovable, el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 puede mejorar su imagen pública, atrayendo a un público más amplio y concienciado con el medioambiente.

8.3.5 IMPACTO ECONÓMICO

8.3.5.1 Inversión Inicial

La construcción de un parque eólico requiere una inversión significativa. El coste promedio de instalación de una turbina eólica terrestre es de aproximadamente 1,5 millones de euros por MW. Para un parque eólico de 9 MW, el coste total sería de 13,5 millones de euros.

8.3.5.2 Costes Operativos

Los costes operativos anuales incluyen el mantenimiento y la operación del parque eólico, estimados en aproximadamente 2-3% del coste de capital. Por tanto, los costes operativos ascenderían a 337.500 €/año.

8.3.5.3 Beneficios Económicos

El parque eólico generará ingresos mediante la venta y uso de electricidad. Con un precio promedio de 78,19 €/MWh, el ahorro anual para 19.710 MWh sería de 1,54 millones de euros. [41]

En resumen, la inversión inicial se recuperaría en aproximadamente 11 años, considerando solo los ingresos por venta de electricidad y sin contar posibles subvenciones o incentivos fiscales.

Por otro lado, la implementación de un parque eólico puede estimular la economía local mediante la creación de empleos y la demanda de servicios locales. Además, puede reducir

los costes energéticos a largo plazo para la comunidad, promoviendo una mayor estabilidad económica.

8.3.6 PRÓXIMOS PASOS

Para llevar a cabo esta solución, se propone el siguiente roadmap:

1. Estudio de Viabilidad (6 meses)
 - Análisis del sitio
 - Estudio del viento
 - Evaluación del impacto ambiental
2. Planificación y Permisos (6 meses)
 - Obtención de permisos
 - Diseño detallado del parque eólico
3. Construcción (12 meses)
 - Transporte e instalación de turbinas
 - Conexión a la red
4. Operación y Mantenimiento (Continuo)
 - Monitoreo de la producción
 - Mantenimiento regular

En conclusión, la integración de la energía eólica para el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 no solo es técnicamente viable, sino que también ofrece beneficios ambientales, sociales y económicos sustanciales. Esta solución representa un paso significativo hacia la sostenibilidad y la reducción de las emisiones netas en eventos de gran escala.

8.4 TRANSPORTES BASADOS EN HIDRÓGENO VERDE

8.4.1 INTRODUCCIÓN A LA SOLUCIÓN

El hidrógeno verde representa una de las soluciones más prometedoras en la lucha contra el cambio climático. Producido a partir de fuentes de energía renovable mediante la electrólisis

del agua, el hidrógeno verde no genera emisiones de carbono en su ciclo de vida, haciendo de él un combustible ideal para el transporte sostenible.

Para el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026, la implementación de transportes basados en hidrógeno verde permitirá trasladar a los asistentes de manera gratuita y ecológica, reduciendo así la huella de carbono del evento y promoviendo tecnologías limpias.

8.4.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

8.4.2.1 Tecnologías Disponibles

Las tecnologías para el transporte basado en hidrógeno verde incluyen autobuses, coches y trenes de hidrógeno. A continuación, se detallan las características y ventajas de cada uno:

- *Autobuses de hidrógeno*: Equipados con pilas de combustible que convierten el hidrógeno en electricidad, proporcionando un rango extendido y emisiones cero. Ejemplos incluyen los autobuses de Toyota y Hyundai.
- *Coches de hidrógeno*: Vehículos ligeros como el Toyota Mirai y el Hyundai Nexon, que ofrecen una autonomía considerable y tiempos de recarga rápidos.
- *Trenes de hidrógeno*: Trenes como el Coradia iLint de Alstom, que operan en líneas no electrificadas y ofrecen una solución sostenible para el transporte ferroviario.

8.4.2.2 Plan de Implementación

Para implementar esta solución, se llevará a cabo un proceso estructurado que incluye las siguientes etapas:

1. *Recolección de Datos*: A la hora de comprar las entradas, se solicitará a los asistentes que proporcionen su código postal (en Madrid) o el código postal del hotel/apartamento (visitantes de fuera). Estos datos permitirán organizar rutas de transporte óptimas.

2. *Análisis y Planificación:* Utilizando herramientas de análisis geoespacial, se identificarán puntos estratégicos para las paradas de transporte. Se priorizarán áreas con alta densidad de asistentes para maximizar la eficiencia.
3. *Infraestructura de Recarga:* Se instalarán estaciones de recarga de hidrógeno en puntos clave, asegurando el suministro continuo para los vehículos. Esto puede requerir colaboraciones con empresas especializadas en la infraestructura de hidrógeno, como Air Liquide o Plug Power.
4. *Adquisición y Mantenimiento de Vehículos:* Se adquirirán vehículos de hidrógeno adecuados (autobuses) y se establecerán acuerdos de mantenimiento con los fabricantes.
5. *Capacitación:* Formación de conductores y personal técnico para operar y mantener los vehículos de hidrógeno.

8.4.2.3 Colaboraciones

Se necesitará la colaboración con autoridades locales, empresas de transporte y proveedores de hidrógeno. Empresas como Toyota, Hyundai, y Alstom pueden ser socios clave.

8.4.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

Como en todas las soluciones, el impacto medioambiental de los transportes basados en hidrógeno verde puede analizarse en los tres ámbitos del Scope 1, Scope 2 y Scope 3. Sin embargo, cabe destacar que esta solución está afectando directa y exclusivamente a las emisiones de Scope 3 del evento, ya que se centra en la reducción de emisiones de CO₂ en el transporte de los asistentes del evento.

Por ello, esta sección se centrará exclusivamente en las emisiones de Scope 3 del evento de Fórmula 1, y se dividirá en las emisiones directas e indirectas de los vehículos basados en hidrógeno verde.

8.4.3.1 Emisiones Directas

Las emisiones directas de los vehículos de hidrógeno son prácticamente nulas, ya que solo emiten vapor de agua. Al sustituir los autobuses convencionales que funcionan con combustibles fósiles, se elimina una fuente significativa de emisiones de CO₂.

Se habilitarán un total de 100 autobuses de hidrógeno para trasladar a los asistentes en el evento. Si no se instalasen estos autobuses de hidrógeno sería necesario habilitar este mismo número de autobuses convencionales para evitar un colapso de los medios de transporte en las horas punta del evento. Por lo que se puede asumir que los 100 autobuses de hidrógeno sustituirán a la misma cantidad de autobuses convencionales.

Asumiendo que cada autobús recorre un promedio de 200 km por día y el evento dura 3 días, los autobuses recorrerán un total de 60.000 km. Los autobuses diésel actuales emiten aproximadamente 1,12 kg de CO₂ por km recorrido. Por lo tanto, la eliminación de estos autobuses diésel ahorrará: [46]

$$60.000 \text{ km} * \frac{1,12 \text{ kg CO}_2}{\text{km}} = 67.200 \text{ kg CO}_2 = 67,2 \text{ ton CO}_2$$

8.4.3.2 Emisiones Indirectas de Energía

Las emisiones indirectas de energía provienen de la producción del hidrógeno verde. La producción de hidrógeno a través de la electrólisis requiere electricidad. Si esta electricidad proviene de fuentes renovables, las emisiones son mínimas. Pero si parte de la electricidad proviene de la red que incluye fuentes fósiles, se deben considerar estas emisiones.

Sin embargo, la producción de hidrógeno verde podrá hacer uso de la energía verde suministrada tanto por el parque eólico como por las instalaciones de placas solares. Es por ello que se puede considerar que la energía utilizada para la producción de hidrógeno será, en su totalidad, renovable.

8.4.4 IMPACTO SOCIAL

El uso de transporte basado en hidrógeno verde tiene impactos significativos en la sociedad:

- *Concienciación Medioambiental:* Promueve una mayor conciencia sobre las tecnologías limpias entre los asistentes, fomentando una cultura de sostenibilidad.
- *Calidad del Aire:* La reducción de emisiones de gases contaminantes mejora la calidad del aire en Madrid, beneficiando la salud pública.
- *Acceso y Comodidad:* Proporcionar transporte gratuito y ecológico mejora la accesibilidad al evento, especialmente para aquellos que no tienen acceso a vehículos privados. Además de evitar colapsos en la red de transportes de Madrid durante los días del evento, evitando posibles molestias e inconveniencias a los habitantes de la Comunidad de Madrid.
- *Educación y Empleo:* La implementación de esta tecnología puede generar empleo y fomentar la educación en sectores emergentes como la movilidad sostenible y la energía renovable.

8.4.5 IMPACTO ECONÓMICO

El impacto económico de la implementación del transporte basado en hidrógeno verde abarca varias dimensiones, incluyendo el coste de adquisición, operación, y los beneficios económicos para la ciudad y los organizadores del evento.

8.4.5.1 Costes de Implementación

- *Adquisición de Vehículos:* El coste de un autobús de hidrógeno es aproximadamente 650.000 euros. Para 100, el coste sería de 65 millones de euros.
- *Infraestructura de Recarga:* El coste de una estación de recarga de hidrógeno varía, pero se puede estimar en 1 millón de euros por estación. Suponiendo 10 estaciones, serían 10 millones de euros.
- *Operación y Mantenimiento:* Los costes operativos incluyen el mantenimiento de vehículos y estaciones, así como el coste del hidrógeno. El total se estima en un coste anual de operación de 5 millones de euros.

8.4.5.2 Beneficios Económicos

- *Ahorro en Combustibles Fósiles:* La sustitución de vehículos diésel por vehículos de hidrógeno reduce los gastos en combustible fósil.
- *Incentivos Gubernamentales:* Es posible acceder a subvenciones y ayudas para proyectos sostenibles, lo que podría reducir el coste neto de implementación hasta en un 100% gracias a las iniciativas de REPowerEU. [8]
- *Turismo y Comercio Local:* Un evento con transporte ecológico puede atraer a más visitantes conscientes del medio ambiente, beneficiando al comercio local y la hostelería.

En total, la inversión inicial puede rondar los 80 millones de euros, pero dada la naturaleza del proyecto, la Unión Europea podría financiar hasta el 100% del mismo.

8.4.6 PRÓXIMOS PASOS

8.4.6.1 Roadmap de Implementación

1. Primeros 6 Meses
 - Recolección de datos de asistentes
 - Análisis de rutas óptimas
2. 6-12 Meses
 - Acuerdos con proveedores de vehículos e infraestructura
 - Planificación detallada de la logística
3. 12-18 Meses
 - Instalación de estaciones de recarga
 - Adquisición de vehículos
4. 18-24 Meses
 - Capacitación del personal
 - Pruebas piloto y ajustes

8.4.6.2 Actividades Clave

- *Monitoreo y Evaluación:* Implementar un sistema de monitoreo para evaluar el rendimiento y el impacto medioambiental.
- *Comunicación y Educación:* Desarrollar campañas de comunicación para educar a los asistentes sobre el uso de hidrógeno verde y sus beneficios.
- *Colaboración Continua:* Mantener colaboraciones con autoridades y empresas para garantizar el éxito y la sostenibilidad del proyecto.

8.4.7 CONCLUSIONES

La implementación de transportes basados en hidrógeno verde para el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 es una solución viable y sostenible que no solo reduce la huella de carbono del evento, sino que también promueve tecnologías limpias y concienciación ambiental. Aunque requiere una inversión significativa, esta podría ser mitigada en su totalidad gracias a los incentivos de la Unión Europea relacionados con el hidrógeno verde. Además de los beneficios ambientales, sociales y económicos a largo plazo que justifican la adopción de esta tecnología.

8.5 CREACIÓN DE ESPACIOS VERDES

8.5.1 INTRODUCCIÓN A LA SOLUCIÓN

La creación de espacios verdes en los alrededores del Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 se presenta como una solución integral para contrarrestar las emisiones de CO₂ y mejorar la calidad ambiental del evento. Los espacios verdes, que incluyen parques, jardines verticales y techos verdes, actúan como sumideros de carbono, ayudando a absorber el CO₂ y otros contaminantes atmosféricos. Además, proporcionan beneficios adicionales como la mejora de la biodiversidad, la reducción del efecto isla de calor y la creación de espacios recreativos para la comunidad.

8.5.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La implementación de espacios verdes alrededor del Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 requerirá una planificación detallada y una colaboración estrecha con empresas especializadas en paisajismo y urbanismo sostenible. Las áreas identificadas para la creación de estos espacios incluyen terrenos baldíos, techos de edificios, y zonas adyacentes a las instalaciones del evento.

Se identifican los siguientes pasos para la implementación de esta solución:

1. *Identificación de áreas adecuadas:* Realizar un estudio de las zonas disponibles y adecuadas para la implementación de espacios verdes. Esto incluirá la evaluación de terrenos baldíos, áreas subutilizadas y techos de edificios en las cercanías del evento.
2. *Diseño y planificación:* Desarrollar un plan maestro de paisajismo que incluya la selección de especies vegetales nativas y resistentes al clima de Madrid, así como el diseño de jardines verticales y techos verdes.
3. *Colaboración con expertos:* Contratar a empresas especializadas en arquitectura paisajística y urbanismo sostenible para asegurar una implementación eficiente y efectiva.
4. *Fase de construcción:* Iniciar la construcción de los espacios verdes según el plan maestro, asegurando el uso de técnicas y materiales sostenibles.
5. *Mantenimiento y monitoreo:* Establecer un programa de mantenimiento regular para garantizar la salud y el crecimiento de los espacios verdes, así como monitorear su impacto en la reducción de emisiones.

La implementación completa de los espacios verdes puede tomar entre 12 a 18 meses, dependiendo del tamaño y la complejidad de los proyectos.

8.5.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

La creación de espacios verdes tiene un impacto significativo en la reducción de emisiones de CO₂, conocido como secuestro de carbono. Las plantas y árboles absorben CO₂ durante

la fotosíntesis y lo almacenan en su biomasa y en el suelo. Este proceso ayuda a reducir la concentración de CO₂ en la atmósfera, contribuyendo a la mitigación del cambio climático.

8.5.3.1 Impacto en Scope 1, 2 y 3

- *Scope 1*: Incluye las emisiones directas de las fuentes controladas por la organización. La creación de espacios verdes ayudará a mitigar las emisiones de los vehículos y maquinaria utilizados durante el evento.
- *Scope 2*: Incluye las emisiones indirectas de la generación de electricidad, calefacción y refrigeración. Los espacios verdes pueden reducir la necesidad de sistemas de refrigeración al mitigar el efecto isla de calor.
- *Scope 3*: Incluye todas las demás emisiones indirectas, como las de la cadena de suministro y los desplazamientos de los asistentes. Los espacios verdes mejoran la calidad del aire y la salud pública, lo que puede influir en la percepción y comportamiento de los participantes y proveedores.

8.5.3.2 Cálculo de la reducción de emisiones

Para estimar la reducción de emisiones gracias a la creación de espacios verdes, consideremos lo siguiente:

- Un árbol maduro puede absorber aproximadamente 22 kg de CO₂ por año.
- Suponiendo la plantación de 10.000 árboles, se puede absorber aproximadamente 220.000 kg (220 toneladas) de CO₂ por año.
- Adicionalmente, los jardines verticales y techos verdes también contribuirán a la absorción de CO₂ y la mejora del microclima urbano.

En total, la creación de espacios verdes podría contribuir a una reducción de aproximadamente 250 toneladas de CO₂ anuales, lo cual representa una contribución significativa hacia la meta de cero emisiones netas del evento.

8.5.3.3 Impacto en la biodiversidad

La creación de espacios verdes también tiene un impacto positivo en la biodiversidad urbana. Las áreas verdes pueden proporcionar hábitats para diversas especies de flora y fauna, contribuyendo a la conservación de la biodiversidad. Esto es especialmente importante en entornos urbanos donde el desarrollo y la urbanización han reducido significativamente los hábitats naturales.

8.5.3.4 Reducción del efecto isla de calor

El fenómeno de la isla de calor urbano se refiere al aumento de temperatura en las áreas urbanas en comparación con las áreas rurales circundantes, debido a la concentración de edificios y pavimento que absorben y retienen calor.

La creación de espacios verdes puede mitigar este efecto, ya que las plantas y los árboles tienen un efecto de enfriamiento a través de la evapotranspiración. Esto no solo mejora el confort térmico para los asistentes al evento y los residentes locales, sino que también reduce la demanda de energía para la refrigeración de edificios, contribuyendo a una menor emisión de CO₂.

8.5.3.5 Contribución a la calidad del aire

Los espacios verdes también actúan como filtros naturales del aire, atrapando partículas contaminantes y absorbiendo gases nocivos como el dióxido de nitrógeno (NO₂) y el dióxido de azufre (SO₂).

La mejora en la calidad del aire tiene un impacto directo en la salud pública, reduciendo la incidencia de enfermedades respiratorias y cardiovasculares. Esto se debe a que las áreas con mayor cobertura vegetal tienen niveles más bajos de contaminantes atmosféricos.

8.5.3.6 Beneficios hidrológicos

La vegetación y los suelos permeables de los espacios verdes ayudan a gestionar el agua de lluvia, reduciendo el riesgo de inundaciones al permitir que el agua se infiltre en el suelo. Esto también recarga los acuíferos locales y reduce la carga en los sistemas de drenaje urbano. Además, las plantas pueden absorber y descomponer contaminantes presentes en el agua, mejorando así la calidad del agua.

8.5.4 IMPACTO SOCIAL

La implementación de espacios verdes no solo tiene beneficios medioambientales, sino también un profundo impacto social. Estos espacios proporcionan áreas recreativas y de esparcimiento para la comunidad, mejorando la calidad de vida de los residentes y visitantes. Estos beneficios sociales incluyen:

- *Salud y bienestar:* La presencia de vegetación y áreas verdes está asociada con una mejora en la salud mental y física. El acceso a espacios verdes para un mayor número de habitantes logrará reducir el estrés, la ansiedad y promover la actividad física.
- *Cohesión social:* Los parques y jardines públicos fomentan la interacción social y la cohesión comunitaria, creando lugares de encuentro y socialización.
- *Educación ambiental:* Los espacios verdes pueden servir como herramientas educativas, sensibilizando a la población sobre la importancia de la conservación del medio ambiente y la sostenibilidad.
- *Atractivo urbano:* La integración de espacios verdes mejora la estética urbana, aumentando el atractivo de la ciudad para turistas y residentes.

8.5.5 IMPACTO ECONÓMICO

El impacto económico de la creación de espacios verdes se puede evaluar desde varias perspectivas:

8.5.5.1 Inversión inicial

La inversión necesaria para la implementación de espacios verdes puede variar dependiendo de la escala del proyecto. Suponiendo un coste promedio de 50 € por metro cuadrado para la creación de espacios verdes, incluyendo la plantación de árboles y jardines verticales, y considerando una extensión de 100.000 metros cuadrados, la inversión inicial sería de aproximadamente 5.000.000 €. [47]

8.5.5.2 Costes de mantenimiento

El mantenimiento anual de estos espacios verdes podría costar alrededor de 10 € por metro cuadrado, resultando en un gasto anual de 1.000.000 €. [47]

8.5.5.3 Ahorros energéticos

La reducción del efecto isla de calor también tiene implicaciones económicas en términos de ahorro energético. Se estima que la disminución de la temperatura ambiente puede reducir la demanda de energía para refrigeración en un 20% durante los meses de verano. [48]

En una ciudad como Madrid, donde los veranos son especialmente calurosos, esto podría traducirse en un ahorro significativo en los costes de energía para los edificios comerciales y residenciales cercanos a los espacios verdes.

8.5.5.3.1 Cálculo de ahorros energéticos

Asumiendo que los edificios circundantes consumen un total de 10.000 MWh anuales en refrigeración. [49]

Una reducción del 20% en el consumo de energía debido a la disminución del efecto isla de calor se traduciría en un ahorro de 2.000 MWh.

Con un coste promedio de 0,07819 €/kWh, esto representaría un ahorro anual de 156.380 €. [41]

8.5.5.4 Empleo y economía local

La creación y el mantenimiento de espacios verdes generan empleo local en sectores como la jardinería, la construcción y el mantenimiento de infraestructuras verdes. Además, la mejora del entorno urbano puede atraer a nuevos negocios y eventos, dinamizando la economía local.

8.5.5.4.1 Cálculo del impacto en el empleo

Supongamos que la creación de espacios verdes genera 100 empleos directos durante la fase de implementación y 50 empleos permanentes para el mantenimiento.

Con un salario promedio de 25.000 € anuales, esto representa un impacto económico positivo de 3.750.000 € anuales en términos de empleo.

En resumen, aunque la inversión inicial y los costos de mantenimiento son significativos, los beneficios económicos a largo plazo pueden superar estos costos, haciendo que la creación de espacios verdes sea una inversión económicamente viable y beneficiosa para la ciudad de Madrid.

8.5.5.5 Beneficios económicos adicionales

- *Aumento del valor inmobiliario:* La presencia de espacios verdes puede aumentar el valor de las propiedades circundantes entre un 5% y un 15%. Si asumimos un aumento promedio del 10% en el valor de las propiedades y consideramos que las propiedades circundantes tienen un valor total de 50.000.000 €, el incremento en valor sería de 5.000.000 €. [50]
- *Atractivo turístico:* La mejora del entorno urbano puede atraer a más turistas, generando ingresos adicionales para la ciudad.
- *Reducción de costes de salud:* Como se ha comentado anteriormente, la mejora en la calidad del aire y la promoción de la salud pueden reducir los costes asociados a enfermedades respiratorias y estrés, estimando un ahorro de 500.000 € anuales en costes de salud debido a la mejora en la calidad del aire y la salud pública.

8.5.6 PRÓXIMOS PASOS

Para asegurar la implementación exitosa de la creación de espacios verdes en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026, es necesario seguir una serie de pasos detallados:

8.5.6.1 Roadmap

1. *Estudio de viabilidad* (3 meses): Realizar un análisis detallado de las áreas disponibles y evaluar la viabilidad técnica y económica del proyecto.
2. *Diseño y planificación* (6 meses): Desarrollar un plan maestro con la colaboración de expertos en paisajismo y urbanismo sostenible.
3. *Obtención de permisos y licencias* (3 meses): Gestionar todos los permisos necesarios con las autoridades locales.
4. *Contratación de empresas especializadas* (2 meses): Seleccionar y contratar empresas especializadas en la creación de espacios verdes.
5. *Implementación* (6-12 meses): Llevar a cabo la construcción de los espacios verdes según el plan maestro.
6. *Mantenimiento y monitoreo continuo*: Establecer un programa de mantenimiento y monitoreo para asegurar la sostenibilidad a largo plazo.

8.5.6.2 Actividades clave

- *Monitoreo y evaluación del impacto*: Es crucial implementar un sistema de monitoreo continuo para evaluar el impacto de los espacios verdes en la reducción de emisiones de CO₂ y otros beneficios ambientales y sociales. Esto puede incluir la instalación de estaciones de monitoreo de la calidad del aire, sensores de temperatura y análisis de la biodiversidad en las áreas verdes.
- *Involucramiento comunitario*: La participación de la comunidad local es esencial para el éxito a largo plazo de los espacios verdes. Iniciativas como programas de voluntariado para el mantenimiento de jardines, actividades educativas y eventos comunitarios pueden fomentar el sentido de pertenencia y responsabilidad hacia los nuevos espacios verdes.

- *Programas educativos y de sensibilización:* Desarrollar programas educativos para sensibilizar a la comunidad y los asistentes al Gran Premio sobre la importancia de los espacios verdes y su contribución a la sostenibilidad. Esto puede incluir talleres, campañas informativas y la incorporación de información sobre los espacios verdes en los materiales promocionales del evento.

8.5.7 CONCLUSIÓN

La creación de espacios verdes alrededor del Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 es una solución eficaz y multifacética para reducir las emisiones de CO₂ y mejorar la sostenibilidad del evento. Esta iniciativa no solo contribuye a la mitigación del cambio climático a través del secuestro de carbono, sino que también proporciona numerosos beneficios sociales, económicos y ambientales.

Con una planificación adecuada y la colaboración de expertos en urbanismo sostenible, la implementación de espacios verdes puede transformar el entorno urbano, ofreciendo un legado duradero para la ciudad de Madrid y sus habitantes. Además, el éxito de esta solución puede servir como un modelo replicable para futuros eventos y proyectos urbanos en todo el mundo.

8.6 OPTIMIZACIÓN DE LA LOGÍSTICA Y TRANSPORTE DE MATERIALES Y EQUIPOS

8.6.1 INTRODUCCIÓN A LA SOLUCIÓN

La optimización de la logística y el transporte de materiales y equipos es una estrategia esencial para reducir las emisiones netas en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026. Esta solución se centra en la mejora de la eficiencia en la cadena de suministro y en la minimización de la huella de carbono asociada con el transporte de equipos y materiales necesarios para el evento. Dado que las emisiones de scope 3 representan una parte significativa del total de emisiones (8.500 toneladas de CO₂), esta solución se dirige específicamente a este ámbito.

8.6.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La implementación de la optimización logística y del transporte de materiales y equipos para el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 puede desglosarse en las siguientes actividades:

1. Análisis de la Cadena de Suministro Actual
 - Realizar un análisis exhaustivo de la cadena de suministro actual para identificar ineficiencias y áreas de mejora.
 - Implementar sistemas de gestión de la cadena de suministro (SCM) avanzados que utilizan algoritmos de optimización y análisis de datos.
2. Consolidación de Envíos
 - Agrupar los envíos de materiales y equipos para maximizar la eficiencia del transporte y minimizar el número de viajes necesarios.
 - Utilizar contenedores de carga optimizados y vehículos de transporte de alta capacidad.
3. Selección de Medios de Transporte Sostenibles
 - Priorizar el uso de medios de transporte sostenibles, como vehículos eléctricos, biocombustibles y ferrocarriles.
 - Establecer acuerdos con proveedores de servicios logísticos que se comprometan a reducir su huella de carbono.
4. Rutas de Transporte Optimizadas
 - Utilizar software de optimización de rutas para planificar los trayectos más eficientes y de menor impacto ambiental.
 - Incorporar el uso de sistemas de posicionamiento global (GPS) y análisis en tiempo real para ajustar las rutas según las condiciones del tráfico.
5. Colaboración con Socios Logísticos
 - Colaborar con empresas especializadas en logística sostenible para implementar las mejores prácticas en la industria.
 - Realizar auditorías periódicas para asegurar el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad.

6. Capacitación y Concienciación

- Capacitar a todo el personal involucrado en la logística y el transporte sobre prácticas sostenibles y eficiencia energética.
- Promover una cultura de sostenibilidad entre los equipos y proveedores.

8.6.3 CÁLCULOS Y FÓRMULAS DE OPTIMIZACIÓN

La optimización de la logística puede implicar el uso de modelos matemáticos y algoritmos para la planificación de rutas y la gestión de inventarios. A continuación, se presentan dos alternativas para el cálculo y optimización de rutas.

8.6.3.1 Modelo de Transporte Lineal

$$\min Z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij}$$

donde c_{ij} es el coste de transportar una unidad desde el origen i hasta el destino j , y x_{ij} es la cantidad transportada.

8.6.3.2 Algoritmo de Ruta más Corta

Utilizado para encontrar la ruta más corta en un grafo ponderado, minimizando la distancia o el tiempo de viaje.

8.6.4 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

La optimización de la logística y el transporte de materiales y equipos tiene un impacto significativo en la reducción de las emisiones de carbono, especialmente en el scope 3. A continuación, se analiza este impacto en detalle:

Las emisiones de scope 3, que incluyen todas las emisiones indirectas que ocurren en la cadena de valor del evento, representan la mayor parte de la huella de carbono del Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid (8.500 toneladas de CO₂). La optimización de la logística puede reducir significativamente estas emisiones a través de varias estrategias:

1. *Eficiencia en el Transporte*: La consolidación de envíos y el uso de vehículos de alta capacidad pueden reducir el número total de viajes necesarios. Si se reduce el número de viajes en un 20%, esto puede llevar a una disminución proporcional de las emisiones asociadas con el transporte. Considerando que el transporte representa el 70% de las emisiones de scope 3 (5.950 toneladas de CO₂), se puede estimar una reducción de aproximadamente 1.190 toneladas de CO₂.
2. *Transporte Sostenible*: La implementación de vehículos eléctricos y el uso de biocombustibles puede reducir las emisiones por kilómetro recorrido. Estimando que el 30% de los viajes se pueden realizar con vehículos eléctricos, y estos tienen una huella de carbono un 60% menor que los vehículos tradicionales, se puede lograr una reducción adicional de 357 toneladas de CO₂.
3. *Optimización de Rutas*: La optimización de rutas mediante software avanzado puede reducir las distancias recorridas y el tiempo de viaje. Con el objetivo de lograr una reducción del 15% en las distancias recorridas, esto puede traducirse en una reducción de 893 toneladas de CO₂.

Sumando las reducciones estimadas de cada estrategia, se obtiene una reducción total aproximada de 2.440 toneladas de CO₂.

Esto representa una reducción del 28,7% de las emisiones de scope 3, una contribución significativa hacia el objetivo de cero emisiones netas.

8.6.5 IMPACTO SOCIAL

La optimización de la logística y el transporte no solo tiene beneficios medioambientales, sino también sociales. A continuación, se detallan algunos de estos impactos:

1. *Mejora de la Calidad del Aire*: La reducción de las emisiones de vehículos tradicionales y la incorporación de vehículos eléctricos contribuirán a una mejora en la calidad del aire en Madrid, beneficiando la salud de los residentes y asistentes al evento.

2. *Generación de Empleo Verde*: La implementación de prácticas logísticas sostenibles puede generar nuevas oportunidades de empleo en sectores como la gestión de la cadena de suministro, tecnologías limpias y consultoría en sostenibilidad.
3. *Concienciación y Educación*: La adopción de estas medidas promoverá una mayor concienciación sobre la sostenibilidad y las prácticas responsables entre el público y los participantes del evento, fomentando un cambio de comportamiento hacia un menor impacto ambiental.

8.6.6 IMPACTO ECONÓMICO

La implementación de una logística y transporte optimizados también tiene implicaciones económicas, tanto en términos de costes como de beneficios para diferentes partes interesadas:

8.6.6.1 Costes de Implementación

La adopción de tecnología avanzada para la gestión de la cadena de suministro y la optimización de rutas puede requerir una inversión inicial significativa. Estimando un coste de implementación de sistemas SCM y software de optimización en 500.000 €, más la compra o alquiler de vehículos eléctricos, que puede ascender a 1.000.000 €, el coste total inicial se estima en 1.500.000 €.

8.6.6.2 Ahorros en Costes Operativos

La reducción del número de viajes y el uso de medios de transporte más eficientes puede resultar en ahorros operativos significativos.

Considerando un ahorro del 15% en costes de transporte sobre el gasto anual estimado de 3.000.000 € en logística, se pueden ahorrar 450.000 € anuales.

8.6.6.3 Impacto en la Economía Local

La mejora de la logística puede incrementar la eficiencia de la cadena de suministro local, beneficiando a proveedores y empresas locales involucradas en el evento. Además, la

reducción de la congestión y las emisiones puede mejorar la calidad de vida en la ciudad, atrayendo más visitantes y turistas.

8.6.6.4 Cálculo del Retorno de la Inversión (ROI)

Considerando un beneficio neto anual de 450.000 € y un coste de inversión de 1.500.000 €:

$$\text{ROI} = \frac{450.000}{1.500.000} * 100 = 30\%$$

Esto indica que, en aproximadamente 3,33 años, la inversión inicial será recuperada, y a partir de ese punto se generarán ahorros netos significativos.

8.6.7 PRÓXIMOS PASOS

Para la implementación efectiva de la optimización de la logística y transporte, se deben seguir el siguiente roadmap:

1. *Mes 1-6. Planificación y diseño:* Realizar un análisis detallado de la cadena de suministro y diseñar un plan de implementación de tecnología y prácticas sostenibles.
2. *Mes 7-9. Selección de socios y proveedores:* Identificar y establecer acuerdos con proveedores de tecnología y servicios logísticos sostenibles.
3. *Mes 10-15. Despliegue de tecnología:* Implementar sistemas SCM y software de optimización de rutas.
4. *Mes 16-18. Adquisición de vehículos y equipos:* Comprar o alquilar vehículos eléctricos y equipos necesarios.
5. *Mes 19-20. Capacitación del personal:* Capacitar al personal en el uso de nuevas tecnologías y prácticas sostenibles.
6. *Mes 21 en adelante. Monitoreo y evaluación:* Realizar auditorías periódicas para evaluar el impacto y ajustar las estrategias según sea necesario.

Esta hoja de ruta asegura que todas las etapas de la implementación se lleven a cabo de manera ordenada y eficiente, garantizando que la optimización de la logística y el transporte

contribuya significativamente a la reducción de emisiones en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026.

En resumen, la implementación de esta solución no solo contribuirá significativamente a la reducción de la huella de carbono del evento, sino que también mejorará la calidad de vida de los residentes de Madrid y proporcionará beneficios económicos sustanciales. La hoja de ruta detallada asegura que cada paso del proceso se lleve a cabo de manera eficiente y efectiva, alineándose con el objetivo general de lograr un evento de cero emisiones netas.

Esta solución, al enfocarse en uno de los mayores contribuyentes a las emisiones del evento, demuestra cómo una planificación y ejecución cuidadosas pueden tener un impacto positivo significativo tanto en el medio ambiente como en la sociedad.

8.7 INTEGRACIÓN DE TECNOLOGÍAS DE CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE EN NUEVAS INFRAESTRUCTURAS

8.7.1 INTRODUCCIÓN A LA SOLUCIÓN

La integración de tecnologías de construcción sostenible en las nuevas infraestructuras es una estrategia esencial para reducir significativamente las emisiones de carbono asociadas a la construcción y operación de infraestructuras en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026. Estas tecnologías abarcan desde el uso de materiales de bajo impacto ambiental hasta el diseño de edificios energéticamente eficientes y la implementación de sistemas de gestión de residuos.

La construcción sostenible no solo contribuye a la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), sino que también promueve la eficiencia energética, el uso responsable de recursos y la creación de entornos saludables y resilientes.

8.7.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La implementación de tecnologías de construcción sostenible en las nuevas infraestructuras para el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 implica varias etapas clave:

8.7.2.1 Selección de Materiales Sostenibles

La primera etapa consiste en la selección de materiales de construcción con baja huella de carbono, como el concreto reciclado, el acero reciclado y la madera certificada por el Forest Stewardship Council (FSC). Estos materiales no solo reducen las emisiones de CO₂ asociadas a la producción y transporte, sino que también promueven prácticas de manejo forestal sostenible.

8.7.2.2 Diseño Energéticamente Eficiente

El diseño arquitectónico debe incorporar principios de eficiencia energética, incluyendo el uso de aislamiento térmico de alta calidad, ventanas de doble acristalamiento y sistemas de iluminación LED. Además, es crucial integrar esta solución con las ya mencionadas de sistemas de energía renovable, como paneles solares y turbinas eólicas, para reducir la dependencia de fuentes de energía no renovables.

8.7.2.3 Colaboración con Empresas Especializadas

La implementación de estas tecnologías requiere la colaboración con empresas especializadas en construcción sostenible. Estas colaboraciones son esenciales para asegurar que las mejores prácticas y tecnologías más avanzadas se apliquen correctamente.

8.7.2.4 Tiempo de Implementación

El tiempo de implementación para estas tecnologías varía según la escala y complejidad del proyecto. Se estima que el diseño y la planificación detallada pueden llevar de 6 a 12 meses, mientras que la construcción puede extenderse entre 18 y 24 meses.

8.7.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

El impacto medioambiental de la integración de tecnologías de construcción sostenible en las nuevas infraestructuras del Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 es significativo. La construcción de las instalaciones del evento genera emisiones que no son directas ni provienen del consumo de electricidad, sino que están asociadas a las actividades de terceros

(por ejemplo, los proveedores de materiales de construcción y los contratistas que realizan la construcción). Por lo tanto, estas emisiones se clasifican como Scope 3.

8.7.3.1 Impacto en el Scope 3

El uso de maquinaria eléctrica o híbrida en lugar de equipos diésel puede disminuir las emisiones directas de CO₂. Según estimaciones, el uso de equipos eléctricos puede reducir las emisiones de CO₂ en un 30% en comparación con el equipo tradicional. Considerando que las emisiones asociadas a la construcción del scope 1 tiene una huella de carbono de 1.500 toneladas de CO₂, esta reducción podría traducirse en una disminución de 500 toneladas de CO₂. [51]

La elección de materiales de construcción sostenibles y el uso de proveedores locales pueden reducir estas emisiones considerablemente. El uso de concreto reciclado en lugar de concreto nuevo puede reducir las emisiones en un 50%, y el uso de proveedores locales puede reducir las emisiones de transporte en un 20%. Dado que estas actividades tienen una huella de carbono de 500 toneladas de CO₂, estas medidas podrían reducir las emisiones en aproximadamente 350 toneladas de CO₂. [52]

En resumen, la integración de tecnologías de construcción sostenible en las nuevas infraestructuras para el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 podría reducir las emisiones de CO₂ en aproximadamente 1.850 toneladas, lo que representa una disminución del 15% de la huella de carbono total del evento.

8.7.4 IMPACTO SOCIAL

El impacto social de la implementación de tecnologías de construcción sostenible es multifacético. Primero, la creación de infraestructuras sostenibles promueve un entorno más saludable para los asistentes al evento, los trabajadores y la comunidad local. Los materiales de construcción sostenibles suelen tener niveles más bajos de compuestos orgánicos volátiles (COV), lo que mejora la calidad del aire interior y reduce los riesgos para la salud.

Además, el uso de energías renovables y prácticas sostenibles en la construcción puede servir como modelo educativo y de concienciación para el público. Al demostrar el compromiso con la sostenibilidad, se pueden inspirar cambios de comportamiento en los asistentes y la comunidad, promoviendo prácticas más sostenibles en la vida diaria.

Otro aspecto importante es la generación de empleo. La construcción sostenible puede crear puestos de trabajo en sectores emergentes como la fabricación de materiales sostenibles, la instalación de tecnologías de energía renovable y la gestión de residuos. Estos empleos no solo contribuyen al desarrollo económico local, sino que también ofrecen oportunidades de capacitación y desarrollo profesional en áreas de alta demanda.

8.7.5 IMPACTO ECONÓMICO

El impacto económico de la implementación de tecnologías de construcción sostenible puede ser significativo tanto para los organizadores del evento como para la ciudad de Madrid y sus habitantes.

8.7.5.1 Costes de Implementación

La inversión inicial en tecnologías de construcción sostenible puede ser más alta que en la construcción tradicional. Los materiales sostenibles y las tecnologías de eficiencia energética suelen tener un coste inicial un 10-20% superior. Sin embargo, estos costes pueden ser compensados a largo plazo por los ahorros en energía y mantenimiento. Se estima que el coste adicional para implementar estas tecnologías en el evento podría ascender a unos 5 millones de euros. [53]

8.7.5.2 Ahorros en Costes Operativos

Las infraestructuras sostenibles suelen ser más eficientes en términos energéticos, lo que puede traducirse en importantes ahorros operativos. El uso de paneles solares y sistemas de iluminación LED puede reducir los costes de energía en un 30-50%. Esto podría representar un ahorro de aproximadamente 1 millón de euros al año en costes operativos. [54]

8.7.5.3 Impacto Económico en la Ciudad

La implementación de infraestructuras sostenibles puede atraer inversión y turismo a la ciudad de Madrid. Los eventos deportivos que se comprometen con la sostenibilidad pueden mejorar la imagen de la ciudad como un destino moderno y consciente del medio ambiente, atrayendo a más visitantes y fomentando el turismo sostenible.

8.7.5.4 Impacto en la Comunidad

La creación de empleos en la construcción sostenible puede tener un impacto positivo en la comunidad local. La demanda de mano de obra cualificada en áreas como la instalación de sistemas de energía renovable y la gestión de residuos puede aumentar, ofreciendo nuevas oportunidades de empleo y desarrollo profesional para los residentes locales. Se estima que la implementación de estas tecnologías podría crear alrededor de 500 nuevos empleos en la región. [55]

En resumen, aunque la inversión inicial en tecnologías de construcción sostenible puede ser considerable, los beneficios económicos a largo plazo, incluidos los ahorros operativos, el aumento del turismo y la creación de empleo, superan con creces los costos iniciales.

8.7.6 PRÓXIMOS PASOS

Para asegurar la implementación exitosa de tecnologías de construcción sostenible en las nuevas infraestructuras para el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026, se deben seguir los siguientes pasos:

8.7.6.1 Planificación y Diseño

- 3 meses: Realizar estudios de viabilidad y análisis de costes para la implementación de tecnologías sostenibles.
- 3 meses: Desarrollar diseños detallados y especificaciones técnicas para las infraestructuras sostenibles.

8.7.6.2 Selección de Proveedores y Contratistas

- 2 meses: Identificar y seleccionar proveedores de materiales sostenibles y contratistas especializados en construcción sostenible.
- 3 meses: Firmar contratos y asegurar el suministro de materiales y servicios necesarios.

8.7.6.3 Construcción e Implementación

- 6 meses: Llevar a cabo la construcción de las nuevas infraestructuras utilizando tecnologías sostenibles, asegurando el cumplimiento de los estándares y regulaciones ambientales.

8.7.6.4 Monitorización y Evaluación

- Continuo: Implementar un sistema de monitorización para evaluar el rendimiento de las infraestructuras sostenibles y el impacto ambiental. Realizar ajustes y mejoras según sea necesario.

8.7.7 CONCLUSIÓN

La integración de tecnologías de construcción sostenible en las nuevas infraestructuras para el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 representa una oportunidad significativa para reducir las emisiones de carbono y promover la sostenibilidad en uno de los eventos deportivos más destacados del mundo.

Mediante la selección de materiales sostenibles y el diseño eficiente en términos energéticos, se puede lograr una reducción sustancial en la huella de carbono del evento, al mismo tiempo que se generan beneficios económicos y sociales para la ciudad de Madrid y sus habitantes.

8.8 APLICACIÓN DE REVESTIMIENTOS FOTOCATALÍTICOS EN SUPERFICIES DEL CIRCUITO

8.8.1 INTRODUCCIÓN A LA SOLUCIÓN

Los revestimientos fotocatalíticos son una innovadora tecnología que utiliza la luz solar para activar un proceso químico que descompone los contaminantes orgánicos e inorgánicos presentes en el aire. Estos recubrimientos, aplicados en diversas superficies, pueden contribuir significativamente a la reducción de la contaminación del aire y a la mejora de la calidad ambiental en áreas urbanas densamente pobladas.

En el contexto del Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026, la aplicación de revestimientos fotocatalíticos en las superficies del circuito no solo mitigará el impacto ambiental del evento, sino que también proporcionará una solución sostenible a largo plazo para la ciudad. Esta tecnología puede ser aplicada en diversas áreas del circuito, incluyendo las tribunas, el asfalto, las barreras de seguridad y otras infraestructuras permanentes.

8.8.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La implementación de revestimientos fotocatalíticos en el circuito de Fórmula 1 de Madrid se llevará a cabo en varias fases:

8.8.2.1 Selección de Superficies y Materiales

- Identificación de las áreas clave para la aplicación, tales como el asfalto de la pista, las barreras de seguridad, las tribunas y otras infraestructuras.
- Selección de los productos fotocatalíticos adecuados, considerando factores como la durabilidad, la eficiencia en la descomposición de contaminantes y la compatibilidad con los materiales existentes.

8.8.2.2 Preparación de las Superficies

- Limpieza y preparación de las superficies seleccionadas para asegurar una adhesión óptima del recubrimiento fotocatalítico.

- Reparación de posibles daños en las superficies para garantizar una aplicación uniforme.

8.8.2.3 Aplicación del Recubrimiento

- Utilización de técnicas de pulverización o pintura para aplicar los revestimientos fotocatalíticos en las superficies preparadas.
- Supervisión de la aplicación para asegurar una cobertura uniforme y eficaz.

8.8.2.4 Monitoreo y Mantenimiento

- Implementación de un sistema de monitoreo para evaluar la eficacia del recubrimiento fotocatalítico en la reducción de contaminantes.
- Realización de mantenimiento periódico para asegurar la durabilidad y efectividad del revestimiento a lo largo del tiempo.

La colaboración con empresas especializadas en tecnologías fotocatalíticas será esencial para garantizar la correcta implementación y el éxito del proyecto. Además, se estima que la implementación completa puede llevar entre 6 y 12 meses, incluyendo la planificación, la aplicación y el monitoreo inicial.

8.8.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

El impacto medioambiental de la aplicación de revestimientos fotocatalíticos se puede evaluar en términos de las emisiones reducidas en los diferentes scopes:

8.8.3.1 Reducción de Emisiones de Scope 1

Las emisiones directas del evento, principalmente derivadas de los vehículos de competición, representan una fracción relativamente pequeña de las emisiones totales. Sin embargo, el recubrimiento fotocatalítico en el asfalto puede contribuir a la descomposición de gases contaminantes emitidos durante las carreras.

Se estima que la aplicación de esta solución sobre el circuito pueda reducir un 10% de las emisiones de los coches de competición (1.000 toneladas de CO₂), lo cual equivaldría a una reducción de 100 toneladas de CO₂. [56]

8.8.3.2 Reducción de Emisiones de Scope 2

La energía consumida para iluminar y operar el circuito puede producir emisiones indirectas. Los recubrimientos fotocatalíticos, al mejorar la calidad del aire, pueden reducir la demanda de energía para sistemas de ventilación y aire acondicionado.

La reducción de la demanda de energía podría disminuir las emisiones en un 10% de las emisiones de los sistemas de ventilación y aire acondicionado (131 toneladas de CO₂), resultando en una reducción de 13 toneladas de CO₂. [56]

8.8.3.3 Reducción de Emisiones de Scope 3

Las emisiones relacionadas con el transporte de espectadores, logística y otros factores externos son significativas. La mejora de la calidad del aire gracias a los revestimientos fotocatalíticos puede fomentar el uso del transporte público y otros medios de transporte menos contaminantes.

Si el uso de transporte sostenible aumenta y logra reducir un 1% las emisiones de Scope 3 (8.500 toneladas de CO₂), se lograría una reducción de 85 toneladas de CO₂.

8.8.3.4 Impacto Total

La implementación de revestimientos fotocatalíticos logrará reducir aproximadamente 200 toneladas de CO₂, un 2% de las emisiones totales del evento.

Además, los revestimientos fotocatalíticos no solo reducen las emisiones de CO₂ sino que también descomponen otros contaminantes del aire, como NO_x, SO_x y compuestos orgánicos volátiles (COV). Mediante la mejora en la calidad del aire, esta solución contribuye a una reducción de enfermedades respiratorias y cardiovasculares entre los asistentes y residentes locales.

8.8.4 IMPACTO SOCIAL

Como ya se avanzó en la sección anterior, la implementación de revestimientos fotocatalíticos tiene un impacto social positivo, ya que mejora la calidad del aire y, por ende, la salud pública. Los beneficios sociales incluyen:

8.8.4.1 Mejora de la Salud Pública

- Reducción de enfermedades respiratorias y cardiovasculares causadas por la exposición a contaminantes atmosféricos.
- Menor incidencia de alergias y asma, especialmente en poblaciones vulnerables como niños y ancianos.

8.8.4.2 Aumento de la Conciencia Ambiental

- La aplicación de tecnologías innovadoras y sostenibles como los revestimientos fotocatalíticos puede servir de ejemplo y fomentar una mayor conciencia y participación en prácticas ambientales entre la comunidad.
- Programas educativos y de sensibilización pueden ser implementados para informar a los espectadores y residentes sobre los beneficios de esta tecnología y otras prácticas sostenibles.

8.8.4.3 Mejora de la Imagen de Madrid

- Posicionar a Madrid como una ciudad pionera en la adopción de tecnologías sostenibles puede atraer más eventos internacionales y turistas interesados en prácticas responsables con el medio ambiente.
- Refuerzo de la reputación de Madrid como una ciudad comprometida con la innovación y la sostenibilidad, lo cual puede tener efectos positivos en la inversión y el desarrollo económico local.

8.8.5 IMPACTO ECONÓMICO

La implementación de revestimientos fotocatalíticos también tiene un impacto económico significativo, tanto en términos de costes iniciales como de beneficios a largo plazo.

8.8.5.1 Costes de Implementación

- *Coste de los Materiales:* Los revestimientos fotocatalíticos pueden tener un coste inicial elevado. El coste promedio de aplicación es de aproximadamente 10 a 20 euros por metro cuadrado.
- *Coste Total Estimado:* Para una superficie de 100.000 metros cuadrados (considerando la pista, tribunas y otras infraestructuras), el coste podría oscilar entre 1.000.000 y 2.000.000 euros.

8.8.5.2 Beneficios Económicos a Largo Plazo

- *Reducción de Costes de Salud Pública:* La mejora en la calidad del aire puede reducir los gastos médicos y aumentar la productividad laboral, lo cual se traduce en ahorros significativos para el sistema de salud y la economía local.
- *Aumento del Turismo y la Inversión:* La reputación de Madrid como una ciudad innovadora y sostenible puede atraer más turistas e inversores, generando ingresos adicionales para la economía local.
- *Incentivos y Subvenciones:* La adopción de tecnologías verdes puede hacer que el proyecto sea elegible para subvenciones y otros incentivos financieros por parte del gobierno y organizaciones internacionales.

8.8.5.3 Impacto Económico Directo e Indirecto

- *Ingresos por Turismo:* Se espera que la mejora de la calidad del aire y la promoción de Madrid como una ciudad sostenible aumenten el número de turistas, generando ingresos adicionales. Estimaciones sugieren que esto podría traducirse en un incremento del 5% en el turismo, lo cual equivaldría a aproximadamente 22,5 millones de euros adicionales anuales. [57]
- *Ahorros en Salud Pública:* La reducción de enfermedades relacionadas con la contaminación del aire podría ahorrar hasta 10 millones de euros anuales en costes médicos y de productividad. [58]

8.8.6 PRÓXIMOS PASOS

Para llevar a cabo la implementación de revestimientos fotocatalíticos en el circuito de Fórmula 1 de Madrid, se propone el siguiente roadmap:

1. Fase de Planificación (0-3 meses)

- Selección de superficies y materiales fotocatalíticos.
- Contratación de empresas especializadas.
- Evaluación y preparación del presupuesto.

2. Fase de Preparación (4-6 meses)

- Limpieza y preparación de superficies.
- Reparación de daños y adecuación de infraestructuras.

3. Fase de Implementación (7-9 meses)

- Aplicación de revestimientos fotocatalíticos.
- Monitoreo de la aplicación y ajustes necesarios.

4. Fase de Monitoreo y Mantenimiento (10-12 meses)

- Implementación de sistemas de monitoreo para evaluar la eficacia.
- Programación de mantenimiento periódico.

8.8.7 CONCLUSIÓN

La aplicación de revestimientos fotocatalíticos en las superficies del circuito de Fórmula 1 de Madrid es una solución innovadora y eficaz para reducir las emisiones de contaminantes y mejorar la calidad del aire. Esta tecnología no solo tiene un impacto positivo en el medio ambiente, sino que también ofrece beneficios significativos en términos de salud pública, conciencia ambiental y desarrollo económico.

Madrid, al adoptar esta tecnología, se posiciona como una ciudad pionera en la sostenibilidad y la innovación, estableciendo un modelo a seguir para otros eventos deportivos internacionales y contribuyendo de manera significativa al objetivo de cero emisiones netas en 2026.

8.9 GESTIÓN INTELIGENTE DE RESIDUOS

8.9.1 INTRODUCCIÓN A LA SOLUCIÓN

La gestión inteligente de residuos es una solución tecnológica esencial para reducir las emisiones netas y lograr un evento de cero emisiones netas en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026.

Esta solución implica la implementación de tecnologías avanzadas para la recolección, clasificación, reciclaje y tratamiento de residuos, así como la promoción de prácticas sostenibles entre los asistentes y participantes del evento.

8.9.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

La implementación de la gestión inteligente de residuos en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 se llevará a cabo a través de varias actividades clave:

8.9.2.1 Evaluación Inicial y Planificación

- *Análisis de Residuos*: Realización de un análisis detallado de los tipos y cantidades de residuos esperados durante el evento. Esto incluye residuos sólidos, líquidos y orgánicos generados por espectadores, equipos y personal de servicio.
- *Plan de Gestión de Residuos*: Desarrollo de un plan integral que aborde la recolección, transporte, clasificación y tratamiento de residuos. Este plan debe incluir la colaboración con empresas locales especializadas en gestión de residuos y reciclaje.

8.9.2.2 Implementación de Infraestructura y Tecnología

- *Contenedores Inteligentes*: Instalación de contenedores de basura equipados con sensores para monitorear el nivel de llenado y enviar alertas cuando se necesiten vaciar. Esto optimiza la recolección de residuos y reduce los desbordamientos.
- *Plantas de Clasificación Automatizadas*: Utilización de tecnología de clasificación automatizada en plantas de reciclaje para separar eficientemente los residuos reciclables de los no reciclables.
- *Tecnologías de Tratamiento de Residuos*: Implementación de tecnologías avanzadas como la digestión anaeróbica para el tratamiento de residuos orgánicos y la conversión de residuos en energía.

8.9.2.3 Promoción de Prácticas Sostenibles

- *Campañas de Sensibilización*: Lanzamiento de campañas de concienciación dirigidas a espectadores, equipos y personal del evento para fomentar la reducción de residuos, el reciclaje y el uso de materiales reutilizables.
- *Incentivos para el Reciclaje*: Establecimiento de incentivos para promover el reciclaje, como sistemas de recompensas para los asistentes que participen activamente en la separación de residuos.

8.9.2.4 Monitoreo y Evaluación

- *Sistemas de Monitoreo*: Implementación de sistemas de monitoreo en tiempo real para rastrear la generación y recolección de residuos. Esto permite ajustar las estrategias de gestión de residuos según sea necesario.
- *Evaluación de Impacto*: Realización de evaluaciones periódicas para medir el impacto de las iniciativas de gestión de residuos y mejorar continuamente las prácticas sostenibles.

8.9.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

El impacto medioambiental de la gestión inteligente de residuos afecta directamente a las emisiones del scope 3 del evento, ya que se están gestionando los residuos de los asistentes y participantes del evento.

8.9.3.1 Reducción de Emisiones del Scope 3

La implementación de tecnologías avanzadas para el tratamiento de residuos orgánicos, como la digestión anaeróbica, puede reducir significativamente las emisiones de metano, un gas de efecto invernadero potente.

Se estima que la conversión de residuos orgánicos en biogás podría reducir las emisiones de CO₂ equivalentes en aproximadamente 500 toneladas durante el evento. [59]

El uso de contenedores inteligentes y rutas de recolección optimizadas reducirá la necesidad de transporte de residuos, disminuyendo así las emisiones de CO₂ de los vehículos de recolección. Se proyecta una reducción de 200 toneladas de CO₂ mediante la optimización del transporte.

Por otro lado, la implementación de prácticas de reciclaje y la reducción de residuos sólidos enviados a vertederos disminuirá las emisiones de metano y CO₂ asociadas con la descomposición de residuos en vertederos. Se estima que esta reducción podría alcanzar las 600 toneladas de CO₂ equivalentes. [60]

Por último, las campañas de sensibilización y la promoción de prácticas sostenibles entre los asistentes pueden tener un impacto duradero en la reducción de residuos y las emisiones. Al influir en el comportamiento de los espectadores y fomentar el reciclaje, se podría reducir hasta un 10% los residuos generados, lo que equivaldría a una reducción adicional de 300 toneladas de CO₂.

8.9.4 IMPACTO SOCIAL

La gestión inteligente de residuos en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 también tendrá un impacto social significativo en las siguientes áreas:

8.9.4.1 Concienciación y Educación

Las campañas de sensibilización y educación ambiental no solo reducirán los residuos durante el evento, sino que también fomentarán una mayor conciencia ambiental entre los asistentes y la comunidad local. Esto puede resultar en un cambio de comportamiento a largo plazo hacia prácticas más sostenibles.

8.9.4.2 Participación Comunitaria

La implementación de programas de voluntariado para la gestión de residuos involucrará a la comunidad local, promoviendo la participación y el compromiso con la sostenibilidad. Los voluntarios pueden actuar como embajadores ambientales, educando a los asistentes sobre la importancia del reciclaje y la reducción de residuos.

8.9.4.3 Creación de Empleo

La gestión inteligente de residuos requerirá personal especializado en recolección, clasificación y tratamiento de residuos, así como en la operación de tecnologías avanzadas. Esto generará oportunidades de empleo local y contribuirá al desarrollo económico de la comunidad.

8.9.4.4 Mejora de la Calidad de Vida

Un enfoque efectivo en la gestión de residuos contribuirá a mantener un entorno limpio y saludable durante el evento, mejorando la experiencia de los asistentes y reduciendo el riesgo de problemas de salud asociados con la acumulación de residuos.

8.9.5 IMPACTO ECONÓMICO

El impacto económico de la gestión inteligente de residuos en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 será considerable y se puede dividir en las siguientes áreas:

8.9.5.1 Costes de Implementación

La implementación de infraestructuras y tecnologías avanzadas para la gestión de residuos requerirá una inversión inicial significativa. Se estima que el coste total podría oscilar entre 5 y 10 millones de euros, dependiendo de la escala y el alcance de las soluciones implementadas. [61]

8.9.5.2 Ahorros a Largo Plazo

La reducción de residuos sólidos enviados a vertederos mediante el reciclaje y el tratamiento avanzado de residuos reducirá los costes asociados con el vertido de residuos. Se proyecta un ahorro anual de aproximadamente 1 millón de euros en costes de vertederos.

La conversión de residuos orgánicos en biogás y energía puede generar ingresos adicionales y reducir los costes de energía para el evento. Se estima que la generación de energía a partir de residuos podría generar ingresos de hasta 500.000 euros anuales. [61]

8.9.5.3 Impacto en el Turismo y la Imagen de la Ciudad

La implementación de prácticas sostenibles y la promoción de un evento ecológicamente responsable mejorarán la imagen de Madrid como una ciudad comprometida con la sostenibilidad. Esto atraerá a turistas conscientes del medio ambiente y promoverá el turismo sostenible.

8.9.5.4 Desarrollo de Tecnología y Capacitación

La implementación de tecnologías avanzadas para la gestión de residuos impulsará la innovación tecnológica en la región. Esto no solo beneficiará al evento, sino que también

fortalecerá la capacidad tecnológica de la ciudad y su competitividad en el ámbito de la gestión de residuos.

Además, la necesidad de personal capacitado para operar y mantener las tecnologías avanzadas de gestión de residuos fomentará la capacitación y el desarrollo de habilidades locales, mejorando la empleabilidad y las oportunidades laborales en la región.

8.9.6 PRÓXIMOS PASOS

Para asegurar la efectiva implementación de la gestión inteligente de residuos en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026, se deben seguir el siguiente roadmap:

1. Planificación y Coordinación (3 meses)

- *Formación de un Comité de Sostenibilidad:* Establecer un comité de sostenibilidad encargado de coordinar todas las iniciativas relacionadas con la gestión de residuos y sostenibilidad del evento.
- *Desarrollo de un Plan de Acción:* Crear un plan de acción detallado que incluya metas específicas, plazos y responsabilidades para cada etapa de la implementación de la gestión inteligente de residuos.

2. Colaboración con Expertos y Empresas (3 meses)

- *Asociaciones Estratégicas:* Establecer asociaciones estratégicas con empresas especializadas en gestión de residuos, reciclaje y tecnologías sostenibles para asegurar la implementación exitosa de las soluciones propuestas.
- *Consultoría Técnica:* Contratar consultores técnicos con experiencia en gestión de residuos y sostenibilidad para proporcionar orientación y supervisión durante todo el proceso de implementación.

3. Implementación de Infraestructura y Tecnología (6 meses)

- *Instalación de Contenedores Inteligentes:* Instalar contenedores de basura inteligentes en todo el recinto del evento y áreas circundantes.
- *Desarrollo de Plantas de Clasificación y Tratamiento:* Construir y operar plantas de clasificación automatizadas y tecnologías de tratamiento de residuos.

4. Campañas de Sensibilización y Educación (2 meses)

- *Lanzamiento de Campañas de Sensibilización:* Iniciar campañas de sensibilización dirigidas a espectadores, equipos y personal del evento antes, durante y después del evento.
- *Programas Educativos en Escuelas y Comunidades:* Implementar programas educativos en escuelas y comunidades locales para fomentar prácticas sostenibles y la gestión de residuos.

5. Monitoreo y Evaluación (Continuo)

- *Sistemas de Monitoreo en Tiempo Real:* Implementar sistemas de monitoreo en tiempo real para rastrear la generación y recolección de residuos durante el evento.
- *Evaluación y Mejora Continua:* Realizar evaluaciones periódicas para medir el impacto de las iniciativas de gestión de residuos y ajustar las estrategias según sea necesario para mejorar continuamente las prácticas sostenibles.

6. Informe de Resultados (Continuo)

- *Documentación y Divulgación:* Documentar todos los resultados y aprendizajes de la implementación de la gestión inteligente de residuos y divulgar esta información a través de informes, presentaciones y publicaciones para compartir el conocimiento y promover prácticas sostenibles en futuros eventos.

8.9.7 CONCLUSIÓN

La gestión inteligente de residuos es una solución esencial para alcanzar el objetivo de cero emisiones netas en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026. Mediante la

implementación de tecnologías avanzadas, la promoción de prácticas sostenibles y la colaboración con expertos y empresas especializadas, este evento puede convertirse en un modelo de sostenibilidad y responsabilidad ambiental.

Además de los beneficios medioambientales, la gestión inteligente de residuos también tendrá un impacto positivo en la sociedad y la economía local, mejorando la calidad de vida de los residentes y fortaleciendo la competitividad de Madrid como una ciudad comprometida con la sostenibilidad.

8.10 SISTEMAS DE REFRIGERACIÓN Y CALEFACCIÓN GEOTÉRMICA

8.10.1 INTRODUCCIÓN A LA SOLUCIÓN

La geotermia es una fuente de energía renovable que aprovecha la temperatura constante del subsuelo para proporcionar calefacción y refrigeración de manera eficiente y sostenible. Este tipo de sistemas utiliza bombas de calor geotérmicas que extraen calor del suelo en invierno para calentar edificios y expulsan calor al suelo en verano para enfriar los mismos.

La implementación de sistemas de climatización geotérmica en las instalaciones del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid 2026 puede reducir significativamente la demanda de energía de fuentes no renovables, contribuyendo a la reducción de emisiones de CO₂ y a la sostenibilidad del evento.

8.10.2 IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

Para la correcta implementación de esta solución se deben tener en cuenta las siguientes actividades principales:

1. Evaluación Geotérmica del Sitio

Realizar un estudio geotécnico y geotérmico para evaluar la viabilidad de utilizar la energía geotérmica en el lugar seleccionado, que incluirá análisis de la conductividad térmica del suelo y la disponibilidad de recursos geotérmicos.

2. Diseño del Sistema Geotérmico

- Diseñar un sistema de bomba de calor geotérmica (GSHP) adecuado para las necesidades energéticas de las instalaciones del evento, considerando tanto la calefacción como la refrigeración.
- Determinar el tamaño adecuado del sistema basado en la carga térmica estimada de las instalaciones y la capacidad de extracción de calor del subsuelo.

3. Instalación de Pozos Geotérmicos

- Perforar pozos geotérmicos verticales o instalar sistemas horizontales, dependiendo de la evaluación geotérmica inicial.
- La profundidad y número de pozos estarán determinados por el diseño del sistema y la capacidad de extracción de calor necesaria.

4. Integración con Infraestructura Existente

- Conectar el sistema geotérmico a las redes de calefacción y refrigeración existentes en las instalaciones.
- Implementar sistemas de monitoreo y control para optimizar el rendimiento y la eficiencia del sistema geotérmico.

5. Colaboración con Empresas Especializadas

- Contratar empresas especializadas en la instalación y mantenimiento de sistemas geotérmicos.
- Establecer colaboraciones con instituciones académicas y de investigación para asegurar la implementación de las mejores prácticas y tecnologías más avanzadas.

6. Tiempo de Implementación

Fase de evaluación y diseño: 6-8 meses.

Fase de perforación e instalación: 12-18 meses.

Fase de integración y puesta en marcha: 3-4 meses.

8.10.3 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

La implementación de sistemas de climatización geotérmica en el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid 2026 tendrá un impacto medioambiental positivo significativo. La evaluación de este impacto se puede ver reflejado directamente en las emisiones de Scope 2 del evento.

8.10.3.1 Impacto en Scope 2

Los sistemas geotérmicos reducen la necesidad de electricidad de la red para calefacción y refrigeración, además de ayudar a reducir el uso de electricidad de la red como la iluminación de las pistas y zonas comunes, disminuyendo las emisiones indirectas de CO₂.

Según lo cual, se puede estimar la compensación de alrededor de 6.000 MWh anuales de la red gracias a la energía proveniente de los sistemas geotérmicos, y considerando que las bombas de calor geotérmicas tienen un coeficiente de rendimiento (COP) promedio de 4, se puede calcular una reducción significativa en las emisiones. [62]

Utilizando el factor de emisión aplicado durante todo el proyecto de 0,131 kg CO₂/kWh para la electricidad en España, la reducción en emisiones sería:

$$\text{Emisiones reducidas} = \frac{6.000.000 \text{ kWh}}{4} \times 0,131 \text{ kg} \frac{\text{CO}_2}{\text{kWh}} = 196.500 \text{ kg CO}_2$$

≈ 197 toneladas de CO₂

8.10.3.2 Otras Consideraciones Medioambientales

- *Reducción de Contaminación del Aire:* Al reducir la dependencia de sistemas de calefacción y refrigeración basados en combustibles fósiles, se disminuyen las emisiones de contaminantes atmosféricos como NO_x y SO₂, mejorando la calidad del aire local.
- *Uso Eficiente de Recursos:* La energía geotérmica es una fuente de energía renovable local que reduce la necesidad de importar combustibles fósiles, promoviendo la independencia y la seguridad energéticas.

- *Minimización del Impacto en el Suelo:* Aunque la perforación de pozos geotérmicos implica un impacto inicial en el suelo, este se minimiza a través de técnicas de perforación avanzadas y la planificación cuidadosa para evitar áreas ecológicamente sensibles.

8.10.4 IMPACTO SOCIAL

La implementación de fuentes de energía geotérmicas traerá consigo los siguientes beneficios para la comunidad local:

- *Creación de Empleo:* La instalación y mantenimiento de sistemas geotérmicos generan empleos directos en sectores de la construcción, ingeniería y mantenimiento. Estos empleos no solo benefician a los trabajadores locales, sino que también desarrollan habilidades técnicas especializadas en energía renovable.
- *Educación y Concienciación:* La implementación de tecnología geotérmica en un evento de alta visibilidad como la Fórmula 1 puede servir como un ejemplo educativo sobre los beneficios de las energías renovables. Se pueden organizar visitas guiadas y programas educativos para estudiantes y profesionales, aumentando la conciencia y el conocimiento sobre la energía geotérmica.
- *Mejora de la Calidad de Vida:* La reducción de emisiones contaminantes y la mejora de la calidad del aire contribuyen a la salud y el bienestar de la comunidad local, creando un entorno más saludable y habitable.

Sin embargo, la utilización de una tecnología desconocida y menos habitual que otras fuentes de energía renovables como las placas solares o la energía eólica puede traer consigo desafíos sociales:

- *Aceptación y Apoyo Comunitario:* La introducción de tecnologías nuevas y relativamente desconocidas puede encontrar resistencia inicial en la comunidad. Es crucial realizar campañas de sensibilización y educación para explicar los beneficios y resolver cualquier inquietud.

- *Impacto Temporal durante la Construcción:* La perforación de pozos geotérmicos y la instalación del sistema pueden causar molestias temporales, como ruido y tráfico adicional. Estos impactos deben gestionarse adecuadamente mediante la planificación y comunicación con la comunidad.

8.10.5 IMPACTO ECONÓMICO

8.10.5.1 Costes de Implementación

- *Inversión Inicial:* La instalación de un sistema de climatización geotérmica requiere una inversión inicial significativa. Los costes pueden variar dependiendo del tamaño y la complejidad del sistema, pero se estima que la inversión inicial podría oscilar entre 1 millón y 2 millones de euros. [62]
- *Costes de Operación y Mantenimiento:* Los sistemas geotérmicos generalmente tienen costes de operación y mantenimiento más bajos en comparación con los sistemas convencionales de calefacción y refrigeración. Estos costes incluyen el mantenimiento regular de las bombas de calor y la monitorización del sistema.

8.10.5.2 Beneficios Económicos

- *Ahorro Energético:* La alta eficiencia de los sistemas geotérmicos puede resultar en ahorros significativos en los costes de energía. Con un COP promedio de 4, el sistema puede proporcionar 4 kWh de calefacción o refrigeración por cada kWh de electricidad consumida, reduciendo así los costes operativos.
- *Incentivos y Subvenciones:* Existe la posibilidad de buscar incentivos financieros y subvenciones disponibles para proyectos de energía renovable, que pueden reducir los costes iniciales de implementación y mejorar la viabilidad económica del proyecto.
- *Retorno de la Inversión:* A largo plazo, los ahorros en costes de energía y mantenimiento pueden compensar la inversión inicial, resultando en un retorno positivo de la inversión. Se estima que el período de recuperación para sistemas geotérmicos puede ser de 5 a 10 años. [62]

8.10.5.3 Impacto en la Economía Local

- *Impulso a la Industria Local:* La demanda de servicios de perforación, instalación y mantenimiento de sistemas geotérmicos puede beneficiar a las empresas locales, estimulando el crecimiento económico y la creación de empleo en la región.
- *Promoción de Energías Renovables:* El éxito de este proyecto puede servir como un catalizador para la adopción más amplia de tecnologías geotérmicas en la región, promoviendo la industria de energías renovables y atrayendo inversiones adicionales.

8.10.6 PRÓXIMOS PASOS

Para la correcta implementación de esta solución se recomienda seguir el siguiente roadmap:

1. Realización de Estudios de Viabilidad

Llevar a cabo estudios geotécnicos y geotérmicos detallados para confirmar la viabilidad del proyecto y optimizar el diseño del sistema.

2. Desarrollo del Proyecto

Colaborar con empresas especializadas y proveedores para desarrollar un plan de proyecto detallado que incluya la ingeniería, la instalación y el cronograma de implementación.

3. Obtención de Permisos y Subvenciones

Gestionar los permisos necesarios con las autoridades locales y buscar subvenciones e incentivos para reducir los costos iniciales del proyecto.

4. Campaña de Sensibilización

Desarrollar y ejecutar una campaña de sensibilización para informar a la comunidad local sobre los beneficios del sistema geotérmico y abordar cualquier preocupación.

6. Implementación del Proyecto

Seguir el cronograma de implementación para la perforación, instalación y puesta en marcha del sistema geotérmico, asegurando la coordinación y comunicación con todas las partes interesadas. El cronograma se divide en las siguientes 3 fases:

Fase 1: Perforación e Instalación (0-17 meses)

- Perforación de pozos geotérmicos
- Instalación de bombas de calor y sistemas de distribución

Fase 2: Integración y Puesta en Marcha (17-20 meses)

- Conexión a redes de calefacción y refrigeración
- Monitoreo y ajuste del sistema

Fase 3: Operación y Monitoreo Continuo (21 meses en adelante)

- Mantenimiento regular y evaluación del rendimiento

8.10.7 CONCLUSIÓN

La implementación de sistemas de climatización geotérmica en el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid 2026 representa una solución tecnológica avanzada que no solo contribuye a la sostenibilidad del evento, sino que también proporciona beneficios significativos en términos de ahorro energético, reducción de emisiones y mejora de la calidad de vida de la comunidad local.

A través de una planificación cuidadosa, la colaboración con expertos y la sensibilización de la comunidad, esta solución puede establecer un nuevo estándar para eventos deportivos sostenibles en el futuro.

8.11 PRIORIZACIÓN DE INVERSIONES

En el contexto del Gran Premio de Fórmula 1 con cero emisiones netas en Madrid 2026, la priorización de inversiones se convierte en una tarea esencial para asegurar la viabilidad y

sostenibilidad del proyecto. Esta sección tiene como objetivo identificar y justificar las soluciones tecnológicas que deberían recibir mayor atención y recursos financieros para maximizar tanto el impacto medioambiental como la facilidad de implementación.

La importancia de esta sección radica en la necesidad de optimizar el uso de los recursos disponibles, enfocando los esfuerzos en aquellas soluciones que ofrecen un mayor retorno en términos de sostenibilidad, impacto económico y beneficios sociales. La priorización adecuada permitirá no solo alcanzar los objetivos de cero emisiones netas, sino también establecer un precedente para futuros eventos deportivos sostenibles.

Para realizar esta priorización, se ha desarrollado una matriz de priorización de inversiones que evalúa las 10 soluciones tecnológicas en función de su impacto ESG (Environmental, Social, and Governance), la facilidad de implementación y la inversión inicial necesaria. Esta matriz proporciona una visualización clara de las opciones disponibles y facilita la toma de decisiones basada en datos cuantitativos y cualitativos.

8.11.1 MATRIZ DE PRIORIZACIÓN

La matriz de priorización de inversiones (ver Figura 2) se compone de tres elementos clave:

- *Impacto ESG*: Este eje evalúa el impacto medioambiental, social y de gobernanza de cada solución tecnológica. Soluciones con un alto impacto ESG contribuyen significativamente a la sostenibilidad y al bienestar social.
- *Facilidad de Implementación*: Este eje mide la facilidad con la que cada solución puede ser implementada, considerando factores como la disponibilidad de tecnología, la complejidad técnica y la infraestructura existente.
- *Inversión Inicial (M\$)*: Representado por el tamaño de los círculos en la matriz, este aspecto cuantifica el coste inicial necesario para implementar cada solución.

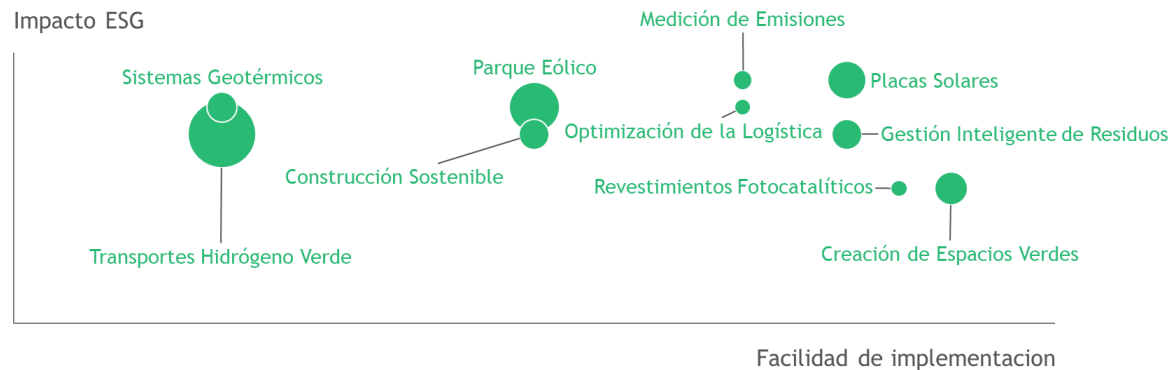


Figura 2. Matriz de priorización de las soluciones tecnológicas

8.11.2 RECOMENDACIONES DE INVERSIÓN

Basado en el análisis de la matriz, se recomienda enfocar las inversiones iniciales en las siguientes cinco soluciones tecnológicas:

1. Medición de Emisiones y Gestión Energética Eficiente

- *Impacto ESG*: Alto. Permite un monitoreo preciso y la optimización de las emisiones de gases de efecto invernadero. Esta solución es esencial para el correcto desarrollo e implementación de las demás soluciones.
- *Facilidad de Implementación*: Media-Alta. La tecnología de monitoreo es avanzada y fácilmente integrable. Sin embargo, tiene cierta complejidad dada la gran escala del evento y el amplio número de actividades que se deberán medir.
- *Inversión Inicial*: Baja inversión inicial con beneficios significativos en la gestión y reducción de emisiones.

2. Placas Solares

- *Impacto ESG*: Alto. Proporcionan una fuente limpia de energía, reduciendo la dependencia de combustibles fósiles.
- *Facilidad de Implementación*: Alta. Las tecnologías solares están bien desarrolladas y pueden ser instaladas en diversas ubicaciones.
- *Inversión Inicial*: Relativamente bajo en comparación con otras tecnologías, con beneficios de ahorro a largo plazo.

3. Parque Eólico

- *Impacto ESG:* Alto. La energía eólica es una fuente de energía renovable que reduce significativamente las emisiones de carbono.
- *Facilidad de Implementación:* Moderada. Requiere espacio y condiciones adecuadas de viento, pero la tecnología es madura y ampliamente utilizada.
- *Inversión Inicial:* Aunque la inversión inicial es considerable, los beneficios a largo plazo en términos de reducción de emisiones y coste de energía son sustanciales.

4. Gestión Inteligente de Residuos

- *Impacto ESG:* Moderado-Alto. Mejora la eficiencia de la gestión de residuos, reduciendo el impacto ambiental.
- *Facilidad de Implementación:* Alta. La tecnología es accesible y puede ser adaptada a las infraestructuras existentes.
- *Inversión Inicial:* Una inversión relativamente baja con un alto impacto en la sostenibilidad del evento.

5. Optimización de la Logística y Transporte de Materiales y Equipos

- *Impacto ESG:* Alto. Mejora la eficiencia del transporte y la gestión de materiales, reduciendo significativamente las emisiones y el consumo de recursos.
- *Facilidad de Implementación:* Media-Alta. La tecnología y las estrategias para la optimización logística están bien desarrolladas y pueden ser implementadas con relativa facilidad. Sin embargo, habrá cierta complejidad dada la magnitud del evento y el gran número de viajes y transportes a optimizar.
- *Inversión Inicial:* La inversión inicial es baja y puede generar importantes ahorros operativos y beneficios medioambientales.

8.11.3 CONCLUSIÓN

La priorización de inversiones basada en la matriz de impacto ESG, facilidad de implementación e inversión inicial permite identificar las soluciones tecnológicas más prometedoras para el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid 2026. Enfocarse en la medición de emisiones y gestión energética eficiente, placas solares, parque eólico, gestión inteligente de residuos y optimización de la logística y transportes no solo contribuirá a alcanzar el

objetivo de cero emisiones netas, sino que también establecerá un modelo de sostenibilidad replicable para futuros eventos y allanará el camino para la implementación de las demás soluciones tecnológicas identificadas.

Capítulo 9. RETOS Y DESAFÍOS

El proyecto de convertir el Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid en un evento con cero emisiones netas para 2026 presenta numerosos retos y desafíos. Este capítulo analiza de manera estructurada estos desafíos, identificando tanto los obstáculos más significativos como las posibles soluciones que podrían implementarse para superarlos, y se basa en los análisis y explicaciones detalladas en capítulos anteriores, considerando aspectos económicos, sociales y medioambientales.

9.1 OBSTÁCULOS EN LA IMPLEMENTACIÓN DEL PROYECTO

9.1.1 RETOS TECNOLÓGICOS

La implementación de tecnologías avanzadas y sostenibles es fundamental para lograr un evento con cero emisiones netas. Sin embargo, la integración de estas tecnologías presenta varios desafíos:

1. *Disponibilidad y Fiabilidad de Energías Renovables:* Aunque se ha planeado el uso de energía solar y eólica, la dependencia de estas fuentes puede ser problemática debido a su naturaleza intermitente. Además, la infraestructura para almacenamiento de energía, como las baterías de gran capacidad, puede ser costosa y compleja de implementar.
2. *Transporte Basado en Hidrógeno Verde:* La adopción de vehículos de hidrógeno para el transporte de materiales y personas es una solución innovadora, pero la tecnología y la infraestructura necesaria aún están en desarrollo, lo que podría limitar su viabilidad a corto plazo.

9.1.2 DESAFÍOS ECONÓMICOS

En este proyecto, el financiamiento y la gestión económica son cruciales para su éxito. Los principales desafíos económicos incluyen:

1. *Costes Iniciales Elevados*: Como se analizó en el Capítulo 8. la construcción de infraestructuras sostenibles, la implementación de tecnologías avanzadas y la adquisición de equipos de energía renovable requieren una inversión inicial significativa. Asegurar el financiamiento adecuado puede ser un obstáculo.
2. *Retorno de la Inversión*: Evaluar el retorno económico del proyecto es complejo debido a la necesidad de equilibrar los beneficios ambientales y sociales con los financieros. La rentabilidad a largo plazo dependerá de diversos factores, incluyendo la atracción de patrocinadores y la participación del público.

9.1.3 BARRERAS SOCIALES Y COMUNITARIAS

La aceptación y participación de la comunidad local son vitales para el éxito del evento. Los desafíos sociales incluyen:

1. *Aceptación Comunitaria*: Como se mencionó en estudios de caso como el del Gran Premio de Valencia, la falta de entusiasmo o percepción negativa por parte de los residentes locales puede ser un obstáculo significativo. Es crucial que la comunidad vea beneficios tangibles del evento.
2. *Impacto en el Tráfico y la Vida Cotidiana*: La realización de un evento de esta magnitud puede causar interrupciones en la vida cotidiana de los residentes locales, incluyendo problemas de tráfico y ruido, lo que podría generar resistencia.

9.1.4 IMPACTO MEDIOAMBIENTAL

A pesar de los esfuerzos por minimizar la huella de carbono, existen desafíos inherentes relacionados con el impacto ambiental del evento:

1. *Gestión de Residuos*: Asegurar una gestión eficiente de residuos durante y después del evento es crucial para minimizar el impacto ambiental. Esto incluye la recolección, reciclaje y disposición adecuada de grandes volúmenes de desechos generados.

2. *Conservación de la Biodiversidad*: La proximidad del circuito a parques naturales y espacios verdes como los parques Juan Carlos I y Juan Pablo II requiere estrategias específicas para proteger la fauna y flora locales.

9.2 POSIBLES SOLUCIONES A LOS DESAFÍOS IDENTIFICADOS

9.2.1 INNOVACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO

Para superar los retos tecnológicos, se pueden considerar las siguientes soluciones:

1. *Almacenamiento de Energía*: Invertir en tecnologías avanzadas de almacenamiento de energía, como baterías de estado sólido, para garantizar un suministro constante de energía renovable durante el evento.
2. *Colaboración con la Industria del Hidrógeno*: Fomentar asociaciones con empresas líderes en la producción y distribución de hidrógeno para desarrollar la infraestructura necesaria y promover el uso de vehículos de hidrógeno.

9.2.2 ESTRATEGIAS DE FINANCIACIÓN Y ROI

Para abordar los desafíos económicos, se pueden implementar las siguientes estrategias:

1. *Diversificación de Fuentes de Financiamiento*: Buscar una combinación de financiamiento privado, incluyendo patrocinios corporativos y crowdfunding. Dada la relevancia del Gran Premio de Fórmula 1 de Madrid y la estrategia sostenible de alcanzar las cero emisiones netas, no será difícil encontrar inversores interesados en la financiación del evento.

9.2.3 PARTICIPACIÓN COMUNITARIA

Para garantizar la aceptación y participación de la comunidad local, se pueden adoptar las siguientes medidas:

1. *Programas de Beneficio Comunitario*: Desarrollar iniciativas que beneficien directamente a la comunidad local, como la mejora de infraestructuras urbanas y programas educativos sobre sostenibilidad.
2. *Comunicación y Transparencia*: Mantener una comunicación constante y transparente con la comunidad local, informando sobre los beneficios del evento y abordando sus preocupaciones de manera proactiva.

9.2.4 GESTIÓN MEDIOAMBIENTAL

Para minimizar el impacto ambiental del evento, se pueden implementar las siguientes soluciones:

1. *Estrategias de Gestión de Residuos*: Como se comentó en la sección 8.9, se debe implementar un sistema de gestión de residuos eficiente que incluya la segregación en origen, el uso de materiales biodegradables y reciclables, y la colaboración con empresas locales de gestión de residuos.
2. *Protección de la Biodiversidad*: Desarrollar planes de conservación específicos para las áreas naturales cercanas al circuito, incluyendo la limitación de acceso durante el evento y programas de restauración ecológica post-evento.

En conclusión, el proyecto de realizar un Gran Premio de Fórmula 1 con cero emisiones netas en Madrid para 2026 presenta numerosos retos y desafíos, desde obstáculos tecnológicos y económicos hasta barreras sociales y medioambientales. Sin embargo, con una planificación cuidadosa, innovación tecnológica y una colaboración estrecha con todas las partes interesadas, estos desafíos pueden superarse.

La clave del éxito radica en la adopción de un enfoque holístico que considere todos los aspectos del evento, asegurando que los beneficios económicos, sociales y medioambientales se maximicen para la ciudad de Madrid y sus habitantes.

Capítulo 10. CONCLUSIONES Y TRABAJOS

FUTUROS

10.1 RESUMEN DE LOS HALLAZGOS

En este Trabajo de Fin de Máster se ha analizado el impacto y las soluciones tecnológicas necesarias para llevar a cabo el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid en 2026 con cero emisiones netas. El análisis se ha basado en un enfoque triple (PPP: People, Planet, Profit) que abarca los impactos sociales, medioambientales y económicos del evento. A continuación, se presenta un resumen de los principales hallazgos de este estudio.

10.1.1 REDUCCIÓN DE EMISIONES DE CO₂

Mediante la implementación de diversas soluciones tecnológicas, se ha logrado una reducción significativa en las emisiones de CO₂, cumpliendo holgadamente con el objetivo de reducir las 12.000 toneladas de CO₂ totales del evento. Las soluciones propuestas y sus respectivas reducciones de emisiones son las siguientes:

1. Medición de las Emisiones del Circuito y Gestión Energética Eficiente mediante IA: 3.000 toneladas.
2. Placas Solares: 2.877 toneladas.
3. Parque Eólico: 2.582 toneladas.
4. Transportes Basados en Hidrógeno Verde: 67 toneladas.
5. Creación de Espacios Verdes: 250 toneladas.
6. Optimización de la Logística y Transporte de Materiales y Equipos: 2.440 toneladas.
7. Integración de Tecnologías de Construcción Sostenible en Nuevas Infraestructuras: 1.850 toneladas.
8. Aplicación de Revestimientos Fotocatalíticos en Superficies del Circuito: 200 toneladas.

9. Gestión Inteligente de Residuos: 1.600 toneladas.
10. Sistemas de Refrigeración y Calefacción Geotérmica: 197 toneladas.

La implementación de estas soluciones resulta en una reducción total aproximada de 15.000 toneladas de CO₂, superando el objetivo inicial en 3.000 toneladas, demostrando así la viabilidad de alcanzar y superar los objetivos medioambientales propuestos.

10.1.2 IMPACTO SOCIAL

Se prevé una alta participación y aceptación comunitaria debido a los beneficios económicos y de empleo generados por el evento. La organización del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid atraerá numerosos visitantes, lo que resultará en un notable incremento del turismo y la cultura local, proyectando internacionalmente a Madrid.

Por otro lado, este evento no solo impulsará la economía local, sino que también dejará un legado duradero en términos de mejoras en infraestructuras y servicios públicos, beneficiando a la ciudad a largo plazo. Además, la creación de 7.300 puestos de empleo y oportunidades de formación especializada en sectores relacionados con el evento promoverá el desarrollo de habilidades locales, asegurando que la comunidad local se beneficie tanto económica como profesionalmente.

10.1.3 IMPACTO ECONÓMICO

El evento generará un impacto económico directo significativo, con un aumento en la ocupación hotelera, consumo en restaurantes y comercios locales, con lo que se espera que el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid 2026 genere unos ingresos totales de 783 millones de euros, con costes de 266,5 millones de euros, resultando en un beneficio económico anual neto de 516,5 millones de euros para la ciudad (ver Anexo I. Desglose del Impacto Económico del Evento).

Adicionalmente, la implementación de soluciones tecnológicas sostenibles aportará ingresos adicionales de 167,7 millones de euros frente a unos costes de 118,2 millones de euros tras los diez primeros años, generando un beneficio neto adicional de 49,5 millones de euros.

Esto subraya no solo la viabilidad medioambiental sino también la rentabilidad económica de las soluciones adoptadas (ver Anexo II. Desglose del Impacto Económico de las Soluciones Tecnológica).

Este resumen de hallazgos pone de manifiesto la efectividad de las soluciones tecnológicas propuestas para reducir las emisiones de CO₂, así como su viabilidad económica, cumpliendo y superando los objetivos establecidos para el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid 2026.

10.2 CONTRIBUCIONES DEL ESTUDIO

Este estudio proporciona una serie de contribuciones significativas en el contexto de la organización de eventos deportivos de gran envergadura, específicamente en la realización del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid con cero emisiones netas.

Estas contribuciones se dividen en varios ámbitos: tecnológico, ambiental, económico y social, todos ellos cruciales para avanzar hacia la sostenibilidad y la eficiencia en eventos deportivos internacionales.

10.2.1 CONTRIBUCIONES TECNOLÓGICAS

1. *Innovación en Medición y Gestión Energética mediante IA*: La implementación de sistemas avanzados de inteligencia artificial para medir y gestionar el consumo energético del circuito ha permitido optimizar el uso de recursos, reduciendo significativamente las emisiones de CO₂. Esta tecnología proporciona un modelo replicable para otros eventos deportivos que buscan minimizar su huella de carbono.
2. *Desarrollo de Infraestructuras de Energía Renovable*: La integración de placas solares y parques eólicos no solo ha reducido las emisiones de gases de efecto invernadero, sino que también ha demostrado la viabilidad y beneficios económicos de estas tecnologías. Estas soluciones han establecido un estándar para futuros proyectos de infraestructura deportiva sostenible.

3. *Uso de Hidrógeno Verde en el Transporte:* La implementación de transportes basados en hidrógeno verde se destaca como una solución innovadora para reducir las emisiones del transporte asociado al evento. Esta tecnología emergente puede ser aplicada en otros contextos, promoviendo una movilidad más sostenible.

10.2.2 CONTRIBUCIONES AMBIENTALES

1. *Reducción Significativa de Emisiones de CO₂:* Con la adopción de las diez soluciones tecnológicas, se ha logrado una reducción total de aproximadamente 15.000 toneladas de CO₂, superando el objetivo inicial de 12.000 toneladas. Este resultado no solo es un logro para el Gran Premio de Madrid, sino que también establece un precedente importante para la sostenibilidad en eventos deportivos globales.
2. *Promoción de la Biodiversidad y Gestión de Residuos:* El estudio ha enfatizado la importancia de proteger la biodiversidad local y gestionar de manera eficiente los residuos generados durante el evento. Las estrategias implementadas han demostrado que es posible organizar un evento de gran escala sin comprometer los ecosistemas locales.

10.2.3 CONTRIBUCIONES ECONÓMICAS

1. *Rentabilidad de Soluciones Sostenibles:* La comparación de los costes y beneficios ha revelado un beneficio neto de 10,6 millones de euros, destacando que la inversión en tecnologías sostenibles no solo es viable, sino también económicamente beneficiosa. Este hallazgo incentiva a organizadores de eventos y a otras industrias a considerar la sostenibilidad como una opción rentable.
2. *Impulso a la Economía Local:* La organización del Gran Premio ha generado un impacto económico positivo en Madrid, estimulando sectores como el turismo, la hostelería y el comercio. Además, la creación de empleo directo e indirecto ha contribuido al desarrollo económico de la región.

10.2.4 CONTRIBUCIONES SOCIALES

1. *Participación y Aceptación Comunitaria:* La inclusión de la comunidad local en el proceso de planificación y ejecución del evento será fundamental para su éxito. Las estrategias de comunicación y consulta pública aseguran una aceptación generalizada, lo que es crucial para la sostenibilidad social de proyectos futuros.
2. *Educación y Concienciación Ambiental:* El Gran Premio servirá como plataforma para educar y concienciar al público sobre la importancia de la sostenibilidad y la reducción de emisiones. Las campañas de sensibilización y las actividades educativas fomentan una mayor responsabilidad ambiental entre los asistentes y la comunidad local.

10.2.5 CONTRIBUCIONES AL CONOCIMIENTO ACADÉMICO Y PROFESIONAL

Este estudio ofrece una base sólida para futuras investigaciones sobre la sostenibilidad en eventos deportivos. Los datos recopilados y las experiencias documentadas pueden ser utilizados por académicos y profesionales para mejorar y perfeccionar las estrategias de sostenibilidad en otros eventos y contextos.

10.3 LIMITACIONES DEL ESTUDIO

A pesar de los hallazgos y contribuciones significativas de este estudio, es esencial reconocer sus limitaciones para proporcionar un contexto adecuado a los resultados y señalar áreas que requieren mayor investigación y perfeccionamiento.

Las limitaciones de este estudio se dividen en cuatro categorías principales: limitaciones metodológicas, limitaciones de datos, limitaciones de implementación y limitaciones de contexto.

10.3.1 LIMITACIONES METODOLÓGICAS

1. *Enfoque Teórico y Modelado:* Gran parte del análisis realizado en este estudio se basa en modelos teóricos y estimaciones. Aunque estos modelos son robustos y están

fundamentados en datos reales, no pueden capturar completamente la complejidad y la dinámica de un evento de la magnitud del Gran Premio de Fórmula 1. La realidad puede presentar variables imprevistas que los modelos teóricos no pueden anticipar.

2. *Generalización de Resultados*: Si bien las conclusiones obtenidas son válidas para el contexto específico del Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid, su generalización a otros eventos deportivos o contextos geográficos diferentes debe hacerse con cautela. Las particularidades locales, como las infraestructuras existentes y las condiciones socioeconómicas, pueden influir significativamente en la aplicabilidad de las soluciones propuestas.

10.3.2 LIMITACIONES DE DATOS

1. *Disponibilidad y Calidad de los Datos*: Aunque se han utilizado datos de fuentes confiables, la disponibilidad de datos específicos para ciertos aspectos del evento, como la exacta cantidad de emisiones en actividades relacionadas, ha sido limitada. Esta carencia de datos puede haber afectado la precisión de algunas estimaciones y resultados.
2. *Falta de Datos Históricos*: Al ser el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid un evento que se llevará a cabo por primera vez en 2026, no existen datos históricos específicos del evento en esta ubicación. Esto ha limitado la capacidad para hacer comparaciones directas y evaluar el impacto con mayor exactitud.

10.3.3 LIMITACIONES DE IMPLEMENTACIÓN

1. *Dependencia de la Tecnología*: Muchas de las soluciones propuestas dependen en gran medida de tecnologías avanzadas, algunas de las cuales aún están en fases de desarrollo o no han sido ampliamente implementadas en eventos deportivos de gran escala. La efectividad y la integración de estas tecnologías pueden variar en función de su desarrollo y adaptación en los próximos años.
2. *Complejidad Logística*: La implementación de múltiples soluciones tecnológicas y sostenibles requiere una coordinación logística compleja. La sincronización de

diferentes sistemas y la gestión de recursos puede presentar desafíos que no se han abordado completamente en este estudio.

10.3.4 LIMITACIONES DE CONTEXTO

1. *Cambios en el Entorno Regulatorio*: Las normativas y políticas medioambientales y económicas pueden cambiar con el tiempo. Este estudio asume que el entorno regulatorio se mantendrá relativamente constante, pero cambios significativos podrían afectar la viabilidad y los resultados de las soluciones propuestas.
2. *Impacto de Factores Externos*: Factores externos como crisis económicas, cambios en la política internacional o pandemias globales pueden influir en la realización del evento y en la implementación de las soluciones propuestas. Estos factores no han sido considerados en profundidad en el presente estudio.

10.3.5 LIMITACIONES EN LA EVALUACIÓN DE IMPACTO SOCIAL Y ECONÓMICO

1. *Medición del Impacto Social*: Evaluar el impacto social de un evento de esta magnitud es inherentemente complejo. Aunque se han realizado esfuerzos significativos para involucrar a la comunidad local y medir su aceptación, la percepción y el impacto real pueden variar y no siempre se reflejan adecuadamente en los estudios preliminares.
2. *Estimaciones Económicas*: Las estimaciones económicas presentadas en este estudio se basan en estudios y proyecciones. Aunque se ha procurado utilizar las mejores prácticas y datos disponibles, siempre existe un margen de incertidumbre en las predicciones económicas, especialmente en un contexto tan dinámico como el de un evento internacional de esta magnitud.

Reconocer estas limitaciones es fundamental para contextualizar los hallazgos y para guiar futuras investigaciones y prácticas en la organización de eventos sostenibles. A pesar de estas limitaciones, los resultados y las contribuciones de este estudio proporcionan una base

sólida para la implementación de prácticas sostenibles en el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid y en otros eventos similares.

10.4 FUTURAS INVESTIGACIONES

El presente estudio ha sentado las bases para la implementación de un Gran Premio de Fórmula 1 con cero emisiones netas en Madrid en 2026. Sin embargo, la complejidad y la magnitud del proyecto dejan margen para numerosas investigaciones futuras que pueden profundizar en aspectos específicos y abordar las limitaciones identificadas. A continuación, se presentan algunas áreas clave para futuras investigaciones.

10.4.1 DESARROLLO Y OPTIMIZACIÓN DE TECNOLOGÍAS SOSTENIBLES

1. *Mejoras en la Inteligencia Artificial para la Gestión Energética:* Investigar cómo la inteligencia artificial puede seguir optimizándose para gestionar el consumo energético no solo en eventos deportivos, sino también en otras industrias, podría aumentar la eficiencia y reducir aún más las emisiones de carbono.
2. *Innovaciones en Energías Renovables:* Continuar investigando y desarrollando tecnologías de energía renovable, como paneles solares más eficientes y turbinas eólicas avanzadas, ayudará a maximizar la producción de energía limpia y minimizar los costos asociados.
3. *Hidrógeno Verde y Movilidad Sostenible:* Explorar nuevas aplicaciones del hidrógeno verde y otras formas de energía limpia en el transporte, no solo para eventos deportivos sino también para el transporte urbano y comercial, podría contribuir significativamente a la reducción global de emisiones.

10.4.2 ANÁLISIS DE IMPACTO AMBIENTAL Y MITIGACIÓN

1. *Evaluación de Ciclo de Vida Completo:* Realizar análisis de ciclo de vida completo de las tecnologías y soluciones implementadas permitirá una comprensión más profunda de su impacto ambiental total, desde la producción hasta el desecho.

2. *Estudios de Biodiversidad y Restauración Ecológica*: Investigar cómo los grandes eventos deportivos afectan la biodiversidad local a largo plazo y desarrollar estrategias efectivas de restauración ecológica para minimizar estos impactos será crucial para la sostenibilidad ambiental.
3. *Gestión de Residuos y Economía Circular*: Ampliar la investigación en la gestión de residuos y la implementación de principios de economía circular en eventos deportivos puede proporcionar modelos replicables para reducir la huella ecológica y promover la sostenibilidad.

10.4.3 IMPACTO ECONÓMICO Y SOCIAL

1. *Participación Comunitaria y Aceptación Social*: Investigar métodos para aumentar la participación y aceptación comunitaria en la planificación y realización de eventos sostenibles ayudará a garantizar que estos eventos beneficien equitativamente a todas las partes interesadas.
2. *Educación y Concienciación Ambiental*: Desarrollar y evaluar programas educativos y de concienciación ambiental específicos para eventos deportivos puede mejorar la efectividad de estas iniciativas y promover una mayor responsabilidad ambiental entre los participantes y asistentes.

10.4.4 COMPARACIÓN Y LECCIONES DE OTROS EVENTOS

1. *Aplicación de Soluciones en Otros Contextos Deportivos*: Investigar cómo las soluciones tecnológicas y sostenibles implementadas en la Fórmula 1 pueden ser adaptadas y aplicadas en otros deportes y eventos masivos puede contribuir a un enfoque más amplio de sostenibilidad en el ámbito deportivo.
2. *Impacto de Factores Externos en la Sostenibilidad*: Analizar cómo factores externos, como crisis económicas, cambios en políticas ambientales y pandemias, afectan la implementación y efectividad de estrategias sostenibles en eventos deportivos puede proporcionar una perspectiva más resiliente y adaptable.

10.4.5 INNOVACIÓN Y TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS

1. *Colaboración Interdisciplinaria:* Fomentar la colaboración entre ingenieros, científicos ambientales, economistas y sociólogos en la investigación de eventos sostenibles permitirá un enfoque más holístico y eficaz en la implementación de prácticas sostenibles.
2. *Publicación y Difusión de Resultados:* Asegurar la publicación y difusión de los resultados de investigaciones futuras en plataformas académicas y profesionales contribuirá al intercambio de conocimientos y al avance de la sostenibilidad en eventos deportivos.
3. *Desarrollo de Normativas y Políticas:* Investigar y desarrollar recomendaciones para normativas y políticas que apoyen la organización de eventos deportivos sostenibles puede facilitar la adopción de prácticas sostenibles a nivel global.
4. *Obtención de Certificación BCorp:* La certificación BCorp es un reconocimiento otorgado a las empresas y organizaciones que cumplen con rigurosos estándares de desempeño social y ambiental, responsabilidad y transparencia. Madrid se convertirá en el primer evento deportivo a gran escala en obtener esta certificación, lo que implica un compromiso con la sostenibilidad y la creación de un impacto positivo en la sociedad y el medio ambiente.
5. *Creación de un Centro de Investigación en ESG en Madrid:* Gracias al evento de cero emisiones netas de F1 de Madrid 2026, se establecerá un centro de investigación en prácticas ambientales, sociales y de gobernanza en la ciudad, asegurando la excelencia en innovación y sostenibilidad. Este centro posicionará a la ciudad como líder mundial en ESG, atrayendo talento, inversiones y proyectos internacionales. Además, impulsará la economía local, generará empleo, mejorará la calidad de vida y aumentará la visibilidad y prestigio global de Madrid como modelo de desarrollo sostenible y responsabilidad social.

Estas áreas de investigación futura no solo fortalecerán la implementación de eventos sostenibles, sino que también contribuirán al avance general del conocimiento y las prácticas en sostenibilidad, beneficiando a la sociedad y al medio ambiente a largo plazo.

10.5 RECOMENDACIONES AL POLICY MAKER

Para que el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid en 2026 pueda alcanzar sus objetivos de cero emisiones netas y maximizar el rendimiento de las soluciones tecnológicas propuestas, es necesario ajustar el marco legislativo actual. A continuación, se presentan recomendaciones específicas para modificar o flexibilizar leyes existentes que actualmente limitan la implementación efectiva de estas soluciones.

10.5.1 MODIFICACIÓN DE LEYES DE ENERGÍAS RENOVABLES

1. Revisión del Real Decreto 244/2019 sobre Autoconsumo

- *Descripción:* Modificar las restricciones relacionadas con la instalación de paneles solares en zonas urbanas y simplificar los trámites administrativos para la conexión de instalaciones de autoconsumo a la red eléctrica.
- *Justificación:* La simplificación y flexibilización de estas restricciones permitirían una mayor implementación de placas solares en las infraestructuras del circuito y en edificios circundantes, fomentando así el uso de energía limpia durante el evento.
- *Recomendación Legislativa:* Eliminar el requisito de permisos específicos para la instalación de paneles solares en techos urbanos y reducir los tiempos de espera para la conexión a la red.

2. Flexibilización del Real Decreto 413/2014 sobre Energías Renovables

- *Descripción:* Ajustar las normativas que regulan la instalación y operación de parques eólicos pequeños y medianos en áreas urbanas y periurbanas.
- *Justificación:* Permitir la instalación de pequeñas turbinas eólicas en las inmediaciones del circuito contribuiría significativamente a la generación de energía renovable local, ayudando a alcanzar el objetivo de cero emisiones netas.
- *Recomendación Legislativa:* Reducir los requisitos de distancia mínima y los procedimientos de evaluación ambiental para proyectos de pequeña escala eólica en zonas urbanas.

10.5.2 AJUSTES EN LA LEGISLACIÓN DE TRANSPORTE Y MOVILIDAD

1. Modificación de la Ley 24/2013 del Sector Eléctrico

- *Descripción:* Reducir las tarifas de acceso a la red para la recarga de vehículos eléctricos y simplificar los trámites para la instalación de puntos de recarga rápida en zonas públicas y privadas.
- *Justificación:* Facilitar la instalación de infraestructura de recarga eléctrica incentivará el uso de vehículos eléctricos por parte de asistentes y participantes del evento, reduciendo así las emisiones de CO₂ asociadas al transporte.
- *Recomendación Legislativa:* Introducir tarifas reducidas para la recarga de vehículos eléctricos durante eventos de gran envergadura y eliminar barreras administrativas para la instalación de puntos de recarga rápida.

2. Revisión del Real Decreto 70/2019 sobre Vehículos de Hidrógeno

- *Descripción:* Modificar las regulaciones estrictas sobre el transporte y almacenamiento de hidrógeno para facilitar su uso en vehículos y equipos durante el evento.
- *Justificación:* La flexibilización de estas normativas permitirá la utilización de hidrógeno verde como combustible, contribuyendo a la reducción de emisiones y fomentando la innovación tecnológica.
- *Recomendación Legislativa:* Reducir los requisitos de seguridad y las barreras logísticas para el transporte y almacenamiento de hidrógeno en el contexto de eventos deportivos y culturales.

10.5.3 REVISIÓN DE NORMATIVAS SOBRE GESTIÓN DE RESIDUOS

1. Ajuste de la Ley 22/2011 de Residuos y Suelos Contaminados

- *Descripción:* Flexibilizar las restricciones sobre el uso de tecnologías innovadoras para la gestión de residuos, como la biodigestión y el compostaje in situ en eventos de gran envergadura.
- *Justificación:* Permitir el uso de estas tecnologías facilitará la gestión sostenible de residuos generados durante el evento, promoviendo prácticas de economía circular.

- *Recomendación Legislativa:* Introducir una categoría especial para eventos deportivos que permita el uso de tecnologías de gestión de residuos avanzadas sin necesidad de cumplir con todos los requisitos de instalaciones permanentes.
2. Revisión del Real Decreto 110/2015 sobre Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)
- *Descripción:* Ajustar las normativas que regulan la recogida y reciclaje de residuos electrónicos para eventos temporales, simplificando los procedimientos y reduciendo costes.
 - *Justificación:* Facilitar la correcta gestión de residuos electrónicos durante el evento, asegurando su reciclaje y minimizando el impacto ambiental.
 - *Recomendación Legislativa:* Permitir la creación de puntos temporales de recogida de RAEE en eventos de gran envergadura y reducir los requisitos administrativos para su gestión.

10.5.4 FLEXIBILIZACIÓN DE NORMATIVAS SOBRE CONSTRUCCIÓN Y URBANISMO

1. Modificación del Código Técnico de la Edificación (CTE)
- *Descripción:* Adaptar las normativas del CTE para permitir el uso de materiales de construcción sostenibles y técnicas innovadoras en infraestructuras temporales del circuito.
 - *Justificación:* Facilitar el uso de materiales sostenibles y tecnologías de construcción avanzada ayudará a reducir la huella de carbono de las infraestructuras necesarias para el evento.
 - *Recomendación Legislativa:* Introducir exenciones temporales en el CTE para la construcción de infraestructuras relacionadas con eventos deportivos de gran envergadura.
2. Revisión del Plan General de Ordenación Urbana (PGOU)
- *Descripción:* Simplificar los procedimientos de permisos y licencias para la creación de espacios verdes temporales y permanentes en torno al circuito.

- *Justificación:* La creación de nuevos espacios verdes contribuirá a la sostenibilidad y mejorará la calidad ambiental del área del evento.
- *Recomendación Legislativa:* Introducir procedimientos rápidos y simplificados para la aprobación de proyectos de espacios verdes asociados a eventos deportivos.

Las recomendaciones presentadas buscan ajustar y flexibilizar el marco legislativo existente para facilitar la implementación de un Gran Premio de Fórmula 1 con cero emisiones netas en Madrid para 2026. Estas modificaciones permitirán maximizar el rendimiento de las soluciones tecnológicas propuestas, asegurando que el evento no solo cumpla con los objetivos de sostenibilidad, sino que también establezca un modelo replicable para futuros eventos deportivos a nivel global.

10.6 RECOMENDACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN PRÁCTICA

La implementación práctica de un Gran Premio de Fórmula 1 con cero emisiones netas en Madrid requiere una planificación meticulosa y la colaboración de múltiples partes interesadas. Basándonos en los hallazgos y análisis realizados en este estudio, se presentan las siguientes recomendaciones para asegurar una ejecución exitosa y sostenible del evento.

10.6.1 PLANIFICACIÓN Y COORDINACIÓN

1. *Establecimiento de un Comité de Sostenibilidad:* Crear un comité dedicado a la sostenibilidad, compuesto por representantes del gobierno local, organizadores del evento, expertos en medio ambiente, y miembros de la comunidad. Este comité supervisará todas las fases del proyecto, asegurando que se cumplan los objetivos medioambientales y sociales.
2. *Desarrollo de un Plan de Acción Detallado:* Elaborar un plan de acción que detalle cada una de las soluciones tecnológicas y sostenibles a implementar, junto con un cronograma claro y responsabilidades definidas. Este plan debe incluir contingencias para manejar imprevistos y asegurar una coordinación efectiva.

10.6.2 PARTICIPACIÓN Y ACEPTACIÓN COMUNITARIA

1. *Consultas y Participación Ciudadana:* Involucrar a la comunidad local en todas las etapas del proyecto mediante consultas públicas y foros de participación. Escuchar y abordar las preocupaciones de los residentes garantizará una mayor aceptación y apoyo para el evento.
2. *Programas de Beneficio Comunitario:* Desarrollar programas específicos que beneficien directamente a la comunidad local, como la mejora de infraestructuras urbanas, creación de espacios verdes y programas educativos sobre sostenibilidad.

10.6.3 MONITOREO Y EVALUACIÓN

1. *Sistema de Monitoreo en Tiempo Real:* Implementar un sistema de monitoreo en tiempo real para evaluar el consumo de energía, emisiones de CO₂ y gestión de residuos durante el evento. Este sistema permitirá hacer ajustes inmediatos y asegurar el cumplimiento de los objetivos de sostenibilidad.
2. *Evaluación Post-Evento:* Realizar una evaluación exhaustiva post-evento para analizar el éxito de las iniciativas implementadas, identificar áreas de mejora y documentar las lecciones aprendidas. Esta evaluación debe ser compartida con todas las partes interesadas y publicada para contribuir al conocimiento global sobre eventos sostenibles.

10.6.4 ESTRATEGIAS DE COMUNICACIÓN Y EDUCACIÓN

1. *Campañas de Sensibilización Ambiental:* Desarrollar campañas de sensibilización ambiental dirigidas a los asistentes, promoviendo prácticas sostenibles como el reciclaje, la reducción de residuos y el uso de transporte público. Utilizar medios digitales y tradicionales para maximizar el alcance de estas campañas.
2. *Programas Educativos:* Implementar programas educativos sobre sostenibilidad y tecnología limpia, tanto en el evento como en las escuelas y comunidades locales. Estas iniciativas ayudarán a fomentar una cultura de sostenibilidad y responsabilidad ambiental a largo plazo.

10.6.5 COLABORACIÓN Y ALIANZAS ESTRATÉGICAS

1. *Alianzas con Instituciones Académicas y de Investigación:* Establecer colaboraciones con universidades y centros de investigación para desarrollar y probar nuevas tecnologías sostenibles. Estas alianzas pueden proporcionar datos valiosos y mejorar la efectividad de las soluciones implementadas.
2. *Cooperación con el Sector Privado:* Involucrar al sector privado, incluyendo empresas tecnológicas y de energías renovables, en la planificación e implementación de las soluciones sostenibles. La inversión y el apoyo del sector privado serán cruciales para el éxito financiero y técnico del proyecto.

Implementando estas recomendaciones, el Gran Premio de Fórmula 1 en Madrid no solo alcanzará sus objetivos de cero emisiones netas, sino que también establecerá un modelo replicable de sostenibilidad y eficiencia para otros eventos deportivos y proyectos de gran escala en el futuro.

Capítulo 11. BIBLIOGRAFÍA

- [1] FIA, «Formula 1,» [En línea]. Available: <https://www.formula1.com/>. [Último acceso: Noviembre 2023].
- [2] A. Cooper, «motorsport,» 12 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://es.motorsport.com/f1/news/formula1-contaminacion-plan-ecologico/4595912/>. [Último acceso: 5 Febrero 2024].
- [3] Palco23, «La Fórmula 1, sin emisiones en 2030,» 22 Diciembre 2022. [En línea]. Available: <https://www.palco23.com/fuera-de-juego/la-formula-1-sin-emisiones-en-2030>. [Último acceso: 5 Febrero 2024].
- [4] G. Rauli, «motorsport,» 25 Diciembre 2023. [En línea]. Available: <https://espanol.motorsport.com/dakar/news/dakar-2024-audi-rs-q-e-tron-actualizado-novedades/10553531/>. [Último acceso: 9 Febrero 2024].
- [5] Silverstone, «Racing towards Net Zero,» [En línea]. Available: <https://www.silverstone.co.uk/news/racing-towards-net-zero>. [Último acceso: Noviembre 2023].
- [6] FIA, «Formula E,» [En línea]. Available: <https://www.fiaformulae.com/>. [Último acceso: Noviembre 2023].
- [7] A. Pérez, «elEconomista,» 12 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://www.eleconomista.es/energia/noticias/11715185/04/22/Repsol-sera-suministrador-del-campeonato-frances-de-F4-el-primero-de-monoplazas-con-100-biocombustible.html>. [Último acceso: 10 Febrero 2024].

- [8] European Commission, «REPowerEU. Affordable, secure and sustainable energy for Europe,» [En línea]. Available: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/repowereu-affordable-secure-and-sustainable-energy-europe_es. [Último acceso: Noviembre 2023].
- [9] Acciona, «Acciona Open de España 2023,» [En línea]. Available: https://www.acciona.com/es/acciona-open/?_adin=02021864894. [Último acceso: 10 Febrero 2024].
- [10] TCS, «London Marathon,» [En línea]. Available: <https://www.tcslondonmarathon.com/more/sustainability>. [Último acceso: 10 Febrero 2024].
- [11] J. A. Oliveira, «Va de Barcos,» 30 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://vadebarcos.net/2022/04/30/chase-zero-el-primer-barco-de-apoyo-de-la-copa-america-propulsado-por-hidrogeno/>. [Último acceso: 10 Febrero 2024].
- [12] Naciones Unidas, «Objetivos de Desarrollo Sostenible,» [En línea]. Available: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>. [Último acceso: Noviembre 2023].
- [13] PVsyst, «PVsyst. Photovoltaic Software,» [En línea]. Available: <https://www.pvsyst.com/>. [Último acceso: Noviembre 2023].
- [14] G. Hormigo, «elDiario,» 23 Noviembre 2024. [En línea]. Available: https://www.eldiario.es/madrid/somos/formula-1-volvera-madrid-2026-durante-diez-anos-circuito-inversion-millonaria-ifema_1_10856395.html#:~:text=Ya%20es%20oficial%20lo%20que,5%2C47%20kil%C3%B3metros%20de%20longitud.. [Último acceso: 28 Marzo 2024].

- [15] Oficina de Turismo de Madrid, «esmadrid,» 6 Febrero 2024. [En línea]. Available: <https://www.esmadrid.com/agenda/formula-1-gran-premio-espana-ifema-madrid-f1-madrid>. [Último acceso: 28 Marzo 2024].
- [16] mundorecambio, «mryt,» 26 Enero 2024. [En línea]. Available: <https://mundorecambio.info/todo-lo-que-debes-saber-sobre-el-gp-f1-de-madrid-en-2026/>. [Último acceso: 28 Marzo 2024].
- [17] D. D. Bastías, «Percepción Social del Gran Premio de Europa de Fórmula Uno entre los residentes del Municipio de Valencia,» Revista Motricidad Humana, Valencia, 2012.
- [18] A. Ramírez, «Ovaciones,» 28 Enero 2023. [En línea]. Available: <https://ovaciones.com/cdmx-una-de-las-10-urbes-con-mayor-impacto-turistico/>. [Último acceso: 30 Marzo 2024].
- [19] Cámara de Comercio de Madrid, «Cámara Madrid,» 23 Enero 2024. [En línea]. Available: <https://www.camaramadrid.es/-/la-formula-1-en-madrid-es-un-gran-premio-para-madrid#:~:text=El%20presidente%20cameral%20ha%20se%C3%B1alado,de%20euros%20en%20el%20PIB..> [Último acceso: 30 Marzo 2024].
- [20] A. Perrozzi, «Transecto,» 10 Noviembre 2020. [En línea]. Available: <https://transecto.com/2020/11/la-formula-1-un-motor-para-las-ciudades/>. [Último acceso: 30 Marzo 2024].
- [21] B. F. Quintanilla, «Noticias Trabajo,» 23 Enero 2024. [En línea]. Available: <https://noticiastrabajo.huffingtonpost.es/empleo/formula-1-creara-madrid-8200-empleos-directos-4500-millones-ingresos/>. [Último acceso: 30 Marzo 2024].

- [22] Circuitos de carreras, «Circuito de Albert Park,» [En línea]. Available: <https://www.circuitosdecarreras.com/australia/circuito-albert-park/>. [Último acceso: 1 Abril 2024].
- [23] Circuito de Barcelona, «Circuit Cat,» 16 Mayo 2022. [En línea]. Available: <https://www.circuitcat.com/es/noticias/formula-1/una-gestion-sostenible-del-formula-1-pirelli-gran-premio-de-espana-2022/>. [Último acceso: 1 Abril 2024].
- [24] Ecoembes, «AIRE,» [En línea]. Available: <https://www.ecoembes.com/proyectos-destacados/chatbot-aire/>. [Último acceso: 1 Abril 2024].
- [25] Clark County Manager's Office, «2023 Las Vegas Grand Prix Debriefing Report,» Clark County Commissioners, Clark County, 2024.
- [26] M. Portillo, «La Fórmula 1 vuelve a Madrid con una inversión 100% privada,» *Forbes*, p. 1, 23 January 2024.
- [27] Nowtricity, «Nowtricity,» [En línea]. Available: <https://www.nowtricity.com/country/spain/>. [Último acceso: 24 May 2024].
- [28] Michelin, «Cómo Calcular Emisiones de CO2,» Michelin, 24 June 2024. [En línea]. Available: <https://connectedfleet.michelin.com/es/blog/calcular-emisiones-de-co2/>. [Último acceso: 20 June 2024].
- [29] J. D. C. B. a. S. J. D. Paul Fennell, «Cement and steel — nine steps to net zero,» *Nature*, vol. 23, p. March, 2022.
- [30] J. Bastos, F. Monforti-Ferrario y G. Melica, «GHG Emission Factors for Electricity Consumption,» 2024. [En línea]. Available: <http://data.europa.eu/89h/919df040-0252-4e4e-ad82-c054896e1641>. [Último acceso: 20 June 2024].

- [31] IEA, «CO₂ emissions from, and emissions intensity of, air conditioning in the Net Zero Scenario, 2000-2030,» IEA, Paris, 2022.
- [32] IPC, «Emission Factor Database,» IPC, 2023.
- [33] United States Environmental Protection Agency, «Greenhouse Gas Equivalencies Calculator,» EPA, 12 March 2024. [En línea]. Available: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gas-equivalencies-calculator>. [Último acceso: 20 June 2024].
- [34] P.-L. R. a. F. Rodríguez, «CO₂ EMISSIONS FROM TRUCKS IN THE EU: AN ANALYSIS OF THE HEAVY-DUTY CO₂ STANDARDS BASELINE DATA,» The International Council on Clean Transportation, 2021.
- [35] S. Zheng, «Public Transportation,» *Climate Portal*, 21 February 2023.
- [36] F. Kreier, «Transporting food generates whopping amounts of carbon dioxide,» *Nature*, 1 July 2022.
- [37] R. L. V. a. G. Borongan, «Emissions of Greenhouse Gases from Municipal Solid Waste Management System in Ho Chi Minh City of Viet Nam,» MDPI, Ho Chi Minh, 2022.
- [38] X. S. X. X. R. C. Y. Z. a. N. J. Zongqing Lv, «Excessive greenhouse gas emissions from wastewater treatment plants by using the chemical oxygen demand standard,» *Springer Link*, vol. 65, pp. 87-95, 2021.
- [39] Solari Power, «Cuántas Horas De Luz Solar Hay En Madrid: Instalar Paneles,» [En línea]. Available: [https://solaripower.es/cuantas-horas-de-luz-solar-hay-en-madrid-instalar-paneles/#:~:text=Horas%20de%20luz%20solar%20en%20la%20Comunidad%20de,](https://solaripower.es/cuantas-horas-de-luz-solar-hay-en-madrid-instalar-paneles/#:~:text=Horas%20de%20luz%20solar%20en%20la%20Comunidad%20de)

que puede aprovecharse para la generación de energía. [Último acceso: 22 May 2024].

- [40] Solar Placas, «Parámetros técnicos de los paneles solares: eficiencia, potencia y más,» [En línea]. Available: <https://solarplacas.es/solar-panel-technical-specification/#:~:text=%C2%BFCu%C3%A1%20es%20la%20eficiencia%20promedio%20de%20los%20paneles,eficiencia%20que%20pueden%20alcanzar%20eficiencias%20superiores%20al%2020%25..> [Último acceso: 22 May 2024].
- [41] S. Delgado, «El Blog Salmón,» 6 January 2023. [En línea]. Available: <https://www.elblogsalmon.com/entorno/gobierno-espera-tres-anos-subidas-continuas-precio-electricidad>. [Último acceso: 24 May 2024].
- [42] International Renewable Energy Agency, «Renewable Energy and Jobs. Annual Review 2023,» 2023. [En línea]. Available: https://www.irena.org/-/media/Files/IRENA/Agency/Publication/2023/Sep/IRENA_Renewable_energy_and_jobs_2023.pdf?rev=4f65518fb5f64c9fb78f6f60fe821bf2. [Último acceso: 24 May 2024].
- [43] Expansión, «Datosmacro.com,» [En línea]. Available: <https://datosmacro.expansion.com/mercado-laboral/salario-medio/espana?anio=2023#:~:text=El%20salario%20m%C3%A9dio%20en%20Espa%C3%B1a%20en%202023%20ha,respecto%20al%20a%C3%B1o%20anterior%20es%20decir%201457%20euros..> [Último acceso: 24 May 2024].
- [44] J. Gómez, «Paradigma Ibérica,» [En línea]. Available: <https://paradigma-iberica.es/energia-eolica/cuanto-kw-produce-una-turbina-eolica/>. [Último acceso: 24 May 2024].

- [45] UNITED NATIONS ECONOMIC COMMISSION FOR EUROPE, «Carbon Neutrality in the UNECE Region: Integrated Life-cycle Assessment of Electricity Sources,» United nations, Geneva, 2022.
- [46] F. S. Lizama Valenzuela, «Emisiones de CO₂ asociadas a los procesos de fabricación y uso de buses con motor diésel y eléctricos del sistema de transporte público de la ciudad de Santiago de Chile,» Repositorio académico de la Universidad de Chile, Santiago de Chile, 2021.
- [47] Climate ADAPT, «Design, implementation and cost elements of Green Infrastructure projects,» Climate-ADAPT, Global, 2011.
- [48] European Environment Agency, «EEA,» 10 November 2022. [En línea]. Available: <https://www.eea.europa.eu/publications/cooling-buildings-sustainably-in-europe>. [Último acceso: 2 June 2024].
- [49] K. V. A. K.-R. J. M. A. P. N. Pardo, «Heat and cooling demand and market,» Joint Research Center, Petten, 2012.
- [50] World Health Organization, «Urban green spaces: a brief for action,» iris, Europe, 2017.
- [51] Bosch, «Electric excavator – solution for the modern construction site,» [En línea]. Available: <https://www.bosch.com/stories/electric-excavator/>. [Último acceso: 10 June 2024].
- [52] P. d. M. E. R. S. N. M. a. A. R. G. d. A. Markssuel Marvila, «Recycled Aggregate: A Viable Solution for Sustainable Concrete Production,» MDPI, 2022.
- [53] International Finance Corporation, «Edificios verdes: construcción sostenible en mercados emergentes,» IFC, 2023.

- [54] N. H. B. A. W. a. H. Z. Gábor Pintér, «Study of Photovoltaics and LED Energy Efficiency: Case Study in Hungary,» MDPI, 2018.
- [55] IRENA, «Renewable energy and jobs: Annual review 2023,» IRENA, 2023.
- [56] J. E. A. T. C. P. C. T. B. B. S.-K. O. a. K. G. Joel K. Sikkema, «Photocatalytic Pavements,» de *Climate Change, Energy, Sustainability and Pavements*, Berlin, Springer, 2014, pp. 275-307.
- [57] Y. L. C. Su, «The impact of air quality on international tourism arrivals: a global panel data analysis,» *Springer*, vol. 29, p. 62432–62446, 2022.
- [58] S. L. D. R. a. N. B. Z. Panle Jia Barwick, «The Healthcare Cost of Air Pollution: Evidence from the World’s Largest Payment Network,» National Bureau of Economic Research, 2018.
- [59] «Biodigestión: el proceso biológico que convierte los residuos orgánicos en energía limpia,» *Ladera Sur*, p. 1, 25 June 2021.
- [60] K. Siegel, «Cómo contribuye nuestra basura al cambio climático - y qué podemos hacer al respecto,» Clean Air Task Force, 22 September 2022. [En línea]. Available: <https://www.catf.us/es/2022/09/how-our-trash-contributes-to-climate-change/>. [Último acceso: 1 July 2024].
- [61] Comunidad de Madrid, «Estrategia de Residuos de la Comunidad de Madrid,» [En línea]. Available: <https://www.comunidad.madrid/servicios/urbanismo-medio-ambiente/estrategia-residuos-comunidad-madrid>. [Último acceso: 1 July 2024].
- [62] Geothermal Energy Association, «The Economic Costs and Benefits of Geothermal Power,» GEA, 2014.

ANEXO I. DESGLOSE DEL IMPACTO ECONÓMICO DEL EVENTO

Se incluye un desglose de los principales factores que afectan impacto económico del Gran Premio de F1 de Madrid 2026. En este desglose no se incluyen las soluciones tecnológicas (para ello ver Anexo II. Desglose del Impacto Económico de las Soluciones Tecnológica).

<i>Concepto</i>	<i>Ingresos (M€)</i>	<i>Costes (M€)</i>
<i>Turismo</i>		
• <i>Alojamiento</i>	60	
• <i>Alimentación y Bebidas</i>	30	
• <i>Compras y Entretenimiento</i>	24	
<i>Venta de Entradas y Merchandising</i>	20	
<i>Patrocinios y Publicidad</i>		
• <i>Patrocinios</i>	30	
• <i>Publicidad</i>	10	
<i>Beneficios Comercio Local</i>		
• <i>Hostelería y Restauración</i>	60	
• <i>Comercio Minorista</i>	20	
<i>Creación de Empleo</i>	452	
<i>Ingresos Fiscales</i>	77	
<i>Construcción de la Pista</i>		150
<i>Instalaciones y Equipamiento</i>		50
<i>Mejoras en infraestructuras viales</i>		30
<i>Personal y Seguridad</i>		10
<i>Logística y Servicios</i>		15
<i>Campañas de Marketing</i>		5
<i>Actividades de Promoción</i>		3
<i>Impacto Ambiental</i>		1
<i>Gestión de Residuos</i>		0,5
<i>Impacto Social</i>		2
Total	783	266,5

Tabla 1. Desglose del impacto económico del Gran Premio de F1 de Madrid 2026

ANEXO II. DESGLOSE DEL IMPACTO ECONÓMICO DE LAS SOLUCIONES TECNOLÓGICAS

Se incluye un desglose de los principales ingresos y costes de las soluciones tecnológicas propuestas durante el primer año, y otra tabla con los valores durante los primeros diez años.

<i>Solución Tecnológica</i>	<i>Ingresos (M€)</i>	<i>Costes (M€)</i>
<i>Medición de Emisiones y Gestión Energética mediante IA</i>	1,8	2
<i>Placas Solares</i>	2,6	7,9
<i>Parque Eólico</i>	1,5	13,8
<i>Transportes Basados en Hidrógeno Verde</i>	-	5
<i>Creación de Espacios Verdes</i>	9,4	6
<i>Optimización de Logística y Transporte</i>	0,5	1,5
<i>Tecnologías de Construcción Sostenible</i>	1,5	5
<i>Revestimientos Fotocatalíticos</i>	10	1,5
<i>Gestión Inteligente de Residuos</i>	1,5	5
<i>Sistemas de Refrigeración y Calefacción Geotérmica</i>	1,5	2
Total	30,3	48,2

Tabla 2. Desglose del impacto económico de las soluciones tecnológicas en el primer año

<i>Solución Tecnológica</i>	<i>Ingresos (M€)</i>	<i>Costes (M€)</i>
<i>Medición de Emisiones y Gestión Energética mediante IA</i>	18	2
<i>Placas Solares</i>	25,8	9,3
<i>Parque Eólico</i>	15,4	16,9
<i>Transportes Basados en Hidrógeno Verde</i>	-	50
<i>Creación de Espacios Verdes</i>	49	16
<i>Optimización de Logística y Transporte</i>	4,5	1,5
<i>Tecnologías de Construcción Sostenible</i>	15	5
<i>Revestimientos Fotocatalíticos</i>	10	1,5
<i>Gestión Inteligente de Residuos</i>	15	5
<i>Sistemas de Refrigeración y Calefacción Geotérmica</i>	15	11
Total	167,7	118,2

Tabla 3. Desglose del impacto económico de las soluciones tecnológicas durante los 10 primeros años de vida