



Análisis de factibilidad técnica y económica de proyecto pasarela energética aplicado en Mall Costanera Center, Santiago, Chile

Analysis of technical and economic feasibility of the Mall Costanera Center energy walkway project, Santiago, Chile

Oscar Contreras González ¹

Christian Acuña Opazo ²

Karen Bustos Sánchez ³

Sebastián Villalba Zepeda ⁴

¹ Universidad de La Serena. La Serena. Chile

² Universidad de La Serena. La Serena. Chile

³ Universidad de La Serena. La Serena. Chile

⁴ Universidad de La Serena. La Serena. Chile

Resumen

El presente estudio, tiene el propósito de evaluar técnica y económicamente la factibilidad de implementar un proyecto que busca contribuir al desarrollo energético de Chile, impulsando la piezoelectricidad, energía que proviene de los pasos que las personas realizan al caminar sobre cristales piezoeléctricos en lugares de gran afluencia. La metodología utilizada corresponde a la técnica de Preparación y Evaluación de Proyectos de Inversión. Para ello, se evalúa técnica y económicamente la implementación de dispositivos piezoeléctricos en la pasarela del Mall Costanera Center ubicado en la ciudad de Santiago de Chile, que es propiedad de la empresa Centros Comerciales Sudamericanos Sociedad Anónima (Cencosud). Los resultados demuestran que las placas de Pavegen generan 11 veces más energía que las placas de Energy Floors, siendo considerada en el estudio económico, permitiendo que los indicadores VAN (US\$ 1.269.058,16) y TIR (125,49%) resulten favorables a la decisión de implementar y ejecutar el presente proyecto, frente a una inversión que asciende a US\$ 673.077,84. El variable que mayor impacto ejerce sobre



la sensibilidad del proyecto, es el “ingreso por nuevos clientes por atracción del proyecto”, incrementando a 98,6% la certeza de obtener un VAN favorable. Finalmente, la decisión de implementación de los dispositivos dependerá de la importancia por parte de la empresa de realizar proyectos para mejorar la sustentabilidad y obtener una mejor imagen hacia la sociedad y como resultado de esto Cencosud decide implementar este proyecto mediante la campaña Costanera.

Palabras clave: Proyecto sustentable, Riesgo, Evaluación, Piezoelectricidad.

Abstract

The present study, has the purpose of evaluating technically and economically the feasibility of implementing a project that seeks to contribute to the energy development of Chile, promoting piezoelectricity, energy that comes from the steps that people make when walking on piezoelectric crystals in places of great influx. The methodology used corresponds to the technique of Preparation and Evaluation of Investment Projects. To do this, the implementation of piezoelectric devices on the footbridge of the Costanera Center Mall located in the city of Santiago de Chile, which is owned by the company Centros Comerciales Sudamericanos Sociedad Anónima (Cencosud), is technically and economically evaluated. The results show that the Pavegen plates generate 11 times more energy than the Energy Floors plates, being considered in the economic study, allowing the indicators VAN (US \$ 1,269,058.16) and IRR (125.49%) to be favorable to the decision to implement and execute this project, against an investment amounting to US \$ 673,077.84. The variable that has the greatest impact on the sensitivity of the project is the “income for new clients due to project attraction”, increasing to 98.6% the certainty of obtaining a favorable NPV. Finally, the decision to implement the devices will depend on the importance of the company to carry out projects to improve sustainability and obtain a better image towards society and as a result of this Cencosud decides to implement this project through the Costanera + campaign.

Keywords: Sustainable project, Risk, Evaluation, Piezoelectricity.

Introducción

La energía es un factor clave y estratégico para alcanzar las metas de desarrollo económico y social del país, por lo que es indispensable asegurar el suministro energético futuro en concordancia con las exigencias que la sociedad impone (Ministerio de Energía, 2016). El objetivo de Chile hoy en día es poder tener recursos energéticos suficientes para continuar con su desarrollo, proceso que se ha vuelto complejo ya que se ha tenido que buscar nuevas formas de obtención de energía más limpias que generen un menor impacto ambiental: conocidas como Energías Renovables, sumado a esto, el continuo aumento en el consumo eléctrico nacional cuya proyección corresponde a un 68,15% en el periodo 2017 – 2037, con una tasa promedio anual de 2,63% (Comisión Nacional de Energía, 2017).

En octubre del 2013, dentro del Programa de Gobierno, se hace mención de la futura y crítica situación en el sector eléctrico, incentivando al desarrollo de programas relacionados con la utilización de energías renovables no convencionales (ERNC), “asumiendo el compromiso de aumentar la participación de ERNC, para que al año 2025 un 20% de las inyecciones de electricidad provengan de fuentes limpias y propias” (Bachelet, 2013).



La capacidad de generación eléctrica en Chile, a marzo del 2017, corresponde en un 58,3% a termoelectricidad, 28,0% hidroelectricidad convencional y un 13,8% en energías renovables no convencionales (Comisión Nacional de Energía, 2017).

Además de la preocupación del gobierno en materias de energía, se suma la tendencia de las grandes empresas en la búsqueda de una responsabilidad social empresarial sostenible, que nos indica que la sustentabilidad llega a la estrategia del negocio, para dar más competitividad y potenciar la perdurabilidad de sus empresas (Cámara de Comercio de Santiago, 2016), estableciendo modelos de negocios responsables y comprometidos con todos los grupos de interés, para hacer más sostenible el negocio en el largo plazo (Yunge, R. 2014). Siguiendo esta tendencia, Centro Comerciales Sudamericanos S.A. (Cencosud), empresa del Retail y con 48 centros comerciales en Sudamérica, y alineados a su política de sustentabilidad “construyendo futuro para la sociedad, aportando al desarrollo sostenible con cada uno de los grupos de interés con los cuales nos relacionamos” (Cencosud Shopping Centers, 2015), es que nace la importancia de desarrollar proyectos que ayuden a fomentar el uso de energías renovables.

Cencosud continuamente desarrolla actividades y proyectos para poder reducir el impacto ambiental y social que sus instalaciones generan, adhiriéndose por ejemplo, a movilizaciones como “la hora del planeta” donde apagaron las luces por una hora del Sky Costanera, mirador ubicado a 300 metros de altura (pisos 61 y 62 de la torre del Costanera Center) y posee una plataforma de observación vidriada, lo cual permite tener una vista en 360° de Santiago, o generando instancias para crear una conciencia ecológica como lo fue el “Muro Vegetal”, instalando un muro de hierbas y hortalizas para que las personas que circularan por ese lugar puedan llevarse éstas y así poder crear una huerta propia en su hogar; quedando en manifiesto estas acciones en el resumen de huella de carbono, generada por Costanera Center, con una reducción de emisión de CO₂ en 17.940 en el período 2013-2015, lo que equivale a 2.649 hogares consumiendo electricidad por un año (Cencosud Shopping Centers, 2015).

Teniendo en cuenta la gran afluencia de personas en los centros comerciales, lo que puede ser aprovechado en la obtención de una energía pura y limpia, es que el presente proyecto se desarrollará en el centro comercial “Mall Costanera Center” ubicado en la ciudad de Santiago, el proyecto inmobiliario más grande de Latinoamérica (Cencosud, 2016).

El desarrollo de este estudio busca poder justificar y estructurar el análisis de factibilidad técnico y económico de realizar el proyecto “Pasarela Energética”, que consiste en la generación de energía sostenible mediante la “Piezoeléctrica”, proceso que consiste en transformar la energía cinética que se produce al caminar, en energía eléctrica, la que puede ser almacenada en una batería y posteriormente ser utilizada, por ejemplo, para la alimentación de un sistema de iluminación o bien entregar a la red central de consumo.

La evaluación de un proyecto se basa en estimar lo que se espera en el futuro considerando tanto los beneficios y los costos asociados para la empresa ejecutora como para la sociedad, ya que “los proyectos surgen de las necesidades individuales y colectivas de las personas, y son ellas las que importan” (Sapag Chain & Sapag Chain, 2008). Por lo que será necesario desarrollar un diagnóstico previo de la pasarela peatonal del Mall Costanera Center (figura 1), donde será evaluada esta tecnología, que conecta el segundo nivel del centro comercial con la esquina norte de la calle Luis Thayer Ojeda, donde circulan alrededor de 2.590 personas cada 60 minutos durante las mañanas y en el horario punta de la tarde alrededor de 5.200 personas (Cencosud, 2014).





Figura 1: Pasarela Mall Costanera Center

Fuente: Expedia.com.sg

En la actualidad existen diferentes proyectos realizados con ese tipo de dispositivos, en Reino Unido, la empresa Pavegen, fundada en 2009 y líder mundial en la recolección de energía (Pavegen, 2017), ha completado más de 150 instalaciones en todo el mundo, en diversos sectores como estaciones de tren, centros comerciales, aeropuertos y espacios públicos (Agencia de Noticias UN, 2016). Del mismo modo encontramos a Energy Floors, empresa fundada en Rotterdam el año 2008, quienes en un principio crearon un club de baile sostenible donde la pista de baile absorbe el movimiento de las personas para generar una energía limpia, posteriormente añadieron su nuevo modelo el Sustainable Energy Floor en su gama de productos, los cuales son arrendados o comprados para ser instalados en diferentes lugares (Energy Floors, 2016).

La utilización de estos dispositivos en conjunto a grandes empresas genera un gran impacto tanto para la sociedad como para las mismas organizaciones. El creador de las baldosas Pavegen, Kemball-Cook, dio un ejemplo de su utilidad: “Si cada español diera un paso sobre las baldosas Pavegen, se generaría suficiente energía como para iluminar un monumento tan característico de Madrid como el Palacio de Correos durante más de 70 días”. La utilización de estos dispositivos, generan beneficios a la sociedad, al medio ambiente y principalmente a las empresas, obteniendo recompensas tangibles e intangibles, mejorando su imagen respecto a la responsabilidad social y empresarial (RSE). Es por esto, que Cencosud plantea la necesidad de evaluar el desarrollo técnico y económico de este proyecto, de gran impacto ambiental y tecnológico, utilizando la gran afluencia de personas en sus instalaciones para generar una energía limpia y sostenible.

Materiales y métodos

Para la realización del proyecto y cumplimiento del objetivo definido, la metodología del presente estudio se desarrolló en cuatro fases: i) establecer el estado de arte del marco teórico y referencial del proyecto, ii) diagnóstico y estudio de mercado, iii) desarrollo de la evaluación técnica y económica, iv) análisis de los resultados y conclusiones (figura 2).



Este contenido se publica bajo licencia CC-BY 4.0



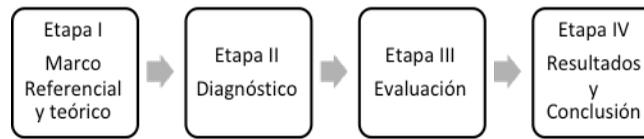


Figura 2: Metodología de Trabajo

Fuente: Elaboración propia

El propósito de la primera fase es conocer los tipos de evaluación de proyectos y sus criterios de evaluación, así mismo en proyectos cuando no hay ingresos directos asociados con la inversión; el beneficio está dado por el ahorro de costos que pueda observarse entre la situación base y la situación con proyecto (Sapag y Sapag, 2008), por lo que se establece un criterio de evaluación denominación beneficio por ahorro aparente, que consiste en un beneficio económico asociado a la energía ahorrada reflejada en la factura mensual debido a la implementación del proyecto. Así mismo, se establece que el origen de la energía piezoeléctrica en la primera demostración experimental que fue publicada en 1880 por Pierre y Jacques Curie. Desde entonces, se ha desarrollado una gran gama de aplicaciones utilizando los cristales piezoeléctricos.

Considerando el marco eléctrico del país y el mercado de distribución de energía, Cencosud pertenece al grupo de Clientes Libres (Comisión Nacional de Energía, 2017), quienes tienen la facultad de negociar el valor de su energía, debido a que su consumo es mayor a 5.000 kW al año.

En la etapa de diagnóstico se desarrolló el levantamiento de la información técnica y económica actual del área en estudio. En primer lugar, se realizó un estudio de mercado estableciendo la oferta como la cantidad de energía que se puede obtener con la instalación de los dispositivos y la demanda como la energía requerida por la pasarela para su funcionamiento.

Para definir la oferta y su proyección se utilizó la información entregada en un estudio realizado por Georesearch en el 2017, empresa dedicada a la geo-inteligencia de la información, estableciendo un flujo de 3.200.000 a 3.500.000 personas mensualmente donde la mayoría viene de las comunas de Las Condes, Providencia y Santiago, predominando el sexo femenino con un 52,61% y el nivel de mayor flujo corresponde al nivel 5 “gastronomía” con un 25% y el nivel 2 “Mujer”, donde se encuentra la pasarela, con un 20% de participación. Por otra parte, desarrollando un trabajo de campo se podrá obtener una visión más actualizada del flujo de peatones en la pasarela, cuantificando de manera real (manual) la cantidad de personas que circulan por dicho lugar en un tiempo y sector determinado, teniendo en consideración que para este estudio no se considera los niños, debido a que no generan una fricción significativa en los dispositivos piezoeléctricos, donde mediante una simulación desarrollada con el uso del software en @ Risk versión 6.2, se podrá identificar qué comportamiento tiene, y así definir una proyección de esta.

La oferta de la energía que se generará con el proyecto se determinará contabilizando la cantidad de pasos de cada persona en el área en cuestión, esta se obtendrá mediante un estudio de Cartaboneo para medir la longitud de un paso promedio (LP) de una persona, que es la diferencia entre contactos sucesivos del talón de distintos pies (Neumann, 2007) (considerando la estatura promedio de los chilenos). Donde la LP se obtiene a través de la ecuación (1):

$$LP = \frac{L}{PP} \quad (1)$$

Con “L” igual al largo del recorrido y PP como el promedio de pasos, es decir, la suma total de pasos dividido por el número de veces hecho el recorrido. A continuación, se utilizará esta distancia para determinar la cantidad de pisadas en un sector determinado.

Posteriormente para establecer la demanda, se determinará el perfil energético de la pasarela, calculando la energía requerida para su correcto funcionamiento respecto a las estructuras actualmente instaladas (Lámparas, ascensor, parlantes, entre otras).

Además, definir las especificaciones técnicas de la pasarela para determinar sus dimensiones y espacio posible a utilizar para la implementación de los dispositivos. Como también detallar la información relevante sobre los dispositivos a implementar, identificando el método de instalación, energía generada, vida útil, y los posibles impactos que puede producir el proyecto respecto a la contaminación ambiental y componentes estéticos y de interés humanos que pueden incidir en la siguiente evaluación.

En la etapa de evaluación técnica se determinará las diferentes posibilidades de instalación y distribución de los posibles dispositivos a implementar, como también la factibilidad de adquisición y traslado, determinando los requerimientos y el costo asociado a cada dispositivo. Posteriormente se establece la energía generada de cada sistema, considerando la cantidad de pisadas y el tipo de dispositivos a implementar, así seleccionar el más conveniente.

Consecutivamente se desarrolla la evaluación económica donde se consideran los ingresos por beneficio aparente (ahorro que se genera al sistema eléctrico) y el ingreso por concepto de atracción de los dispositivos, como también los costos fijos de recursos humanos, mantenimientos y otros, costos variables, las inversiones por activos de capital, internación de las mercancías en el país y capital de trabajo; con la finalidad de determinar la factibilidad económica del proyecto, se utilizarán los criterios de decisión Valor Actual Neto (VAN), Tasa Interna de Retorno (TIR), relación Costo Beneficio (CB), relación Inversión-VAN (IVAN), por medio de la herramienta flujo de caja. Es importante mencionar que todos los ingresos están trabajados en dólares americanos, con una tasa de cambio al 31 de mayo de 628,33 obtenidos de la base de datos estadísticos móvil del Banco Central de Chile. Además, como una manera de agregar información a los resultados pronosticados de este estudio, se realiza el análisis de sensibilidad del indicador VAN, que permita medir cuán sensible son los resultados del proyecto a variaciones en los parámetros decisorios, esto se realizará mediante la metodología de sensibilización del VAN por medio del uso del software Crystall Ball versión 11.1.2.4, por otra parte, también se desarrolla un análisis del riesgo del proyecto trabajando en dos escenarios: optimista y pesimista, dividiendo estos, en 3 métodos de análisis: el rango de variación de la media, el coeficiente de variabilidad y la probabilidad de que el VAN sea cero.

En la última etapa de la metodología, se mencionarán las conclusiones sobre los resultados obtenidos de las fases de estudio, diagnóstico y principalmente de la evaluación técnica y económica, indicando recomendaciones para la implementación del proyecto.



Resultados

En la tabla 1 se presenta el estudio de terreno realizado para determinar la cantidad de personas que circulan por la pasarela en un tiempo determinado, siendo estos separados en 4 bloques: Horario Punta Mañana (HPM): 11:30 a 12:30, Horario Punta Medio Día (HPMD): 13:15 a 14:15, Horario Punta Media Tarde (HPT): 16:00 a 17:00 y Horario Punta Tarde (HPT): 18:30 a 19:30, mientras que en la tabla 2 se muestra la proyección de esta oferta determinada.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 1: Total Flujo Peatonal de Estudio en Terreno, 2017.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado (Verano)
HPM	4.206	4.259	4.238	4.739	4.790	2.890
HPMD	5.384	5.452	5.362	6.339	7.171	3.630
HPMT	5.027	5.120	5.186	5.699	6.460	4.112
HPT	6.847	7.075	7.276	7.765	8.561	5.114

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Total Diario Real Flujo de Peatones 2017.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Semana	Anual
Peatones	58.836	60.102	60.240	66.978	73.446	55.739	375.341	19.355.088

En base al estudio de cartaboneo realizado, y considerando una estatura promedio de 1,6 metros para mujeres, 1,7 metros para hombres y un total de 4 personas (dos hombres y dos mujeres), se registran 10 mediciones a cada una, obteniendo así un promedio de pasos (PP) de 4,075 en un recorrido total de 300 metros y una longitud del paso (LP) de 73,6 centímetros. Con los datos anteriores, es posible determinar la cantidad de pasos dados en un área definida.

En la tabla 3 se muestra la demanda de energía que utiliza la pasarela.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2: Perfil Energético Pasarela Mall Costanera Center

Estructura	Cantidad	Potencia (W) por unidad	Potencia Total	Horas de uso aprox. (h/día)	Consumo día aprox. (Wh/día)	Consumo mensual aprox. (kWh/m)	%
Lámparas Fluorescentes	38	36	1.368	6	8.208	246,24	3,03%



Ascensores	2	3000	6.000	9,45	56.700	1.701,00	20,90%
Parlantes	12	30	360	10,8	3.888	116,64	1,43%
Escalera Eléctrica	2	7500	15.000	13,5	202.500	6.075,00	74,64%
Total	-	-	22.728	-	271.296	8.139	100%

En la figura 2, se muestra la distribución de los dispositivos, considerando diferentes razones para justificar esta distribución, correspondiendo a: lugar de mayor tránsito de las personas, existencia de un soporte para no sobrecargar la pasarela; y utilizar las áreas de ingreso y salida de personas.

El área 1, comprende de 3,5 x 3,8 metros, esta se encuentra ubicada al subir por las escaleras mecánicas y junto a un pilar que sostiene la pasarela en la Plaza Nueva Zelandia, además es la principal entrada a la pasarela para ingresar al segundo piso del Mall Costanera Center.

El área 2, está ubicado a 18 metros desde el comienzo de la pasarela por las escaleras mecánicas y tiene una longitud de 11,8 metros y 3,5 metros de ancho, al igual que el área 3, pero está situada a 41,7 metros desde el comienzo de la pasarela y se sitúa en este sector debido a que existe un pilar que sostiene la pasarela, ubicado en la intersección de las calles Av. Vitacura, Av. Holanda y Av. Nueva Providencia.

Por último, el área 4 se encuentra situado desde el final de la barrera de contención de la pasarela hasta el comienzo de la escalera peatonal, consta de 4,5 metros de longitud y 3,5 metros de ancho, al igual que las áreas 1 y 3, está también se encuentra situada en un pilar que sostiene la pasarela entre la entrada por el primer piso y la Av. Vitacura.

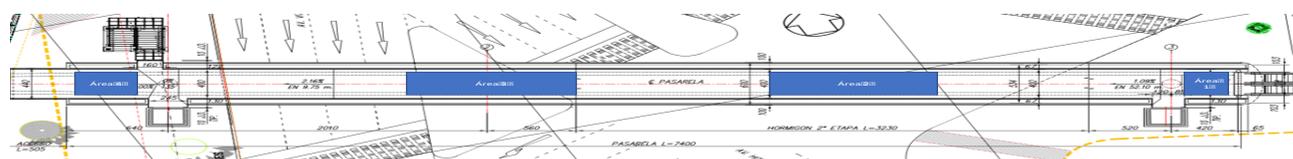


Figura 3: Distribución de los Dispositivos en la Pasarela

Fuente: Centro Comerciales Sudamericanos

Los datos recopilados respecto a los dispositivos de Pavegen y Energy Floors se encuentran resumidos en la tabla 4.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3: Resumen de Dispositivos Pavegen y Energy Floors

Empresa	Dimensiones	Costo compra por unidad	Energía generada por unidad
Energy Floors	75x75 cm	US\$ 690 – US\$ 926 (*)	7 W; 24 DC (volt corriente continua)
Pavegen	50 cm (Triángulo equilatero)	Dispositivo: US\$ 653 Instalación: US\$ 243	Generar 5 W de potencia continua
		Envío: US\$ 52 Software: US\$3.078 (**)	

(*) Solo dispositivo e instalación

(**) Sistema completo

Posteriormente, se calcula la cantidad de pisadas que se obtendrá, en las diferentes áreas a evaluar, como también la energía generada por en cada dispositivo (Pavegen y Energy Floors) considerando la proyección del flujo de peatones anual, donde se obtiene los resultados presentados en la tabla 5.

Fuente: Elaboración propia

Tabla 4: Total de Pisadas y Energía generada por dispositivo

Número de Pisadas	Total Energía [kWh]	
	Energy Floors	Pavegen
832.268.793	2.312,0	26.158,2

En el desarrollo del estudio económico se considera las placas de Pavegen debido a que generan 11 veces más energía, en comparación a la empresa Energy Floors, y actualmente Energy Floors ya no desarrollan proyectos de forma permanente.

Para la construcción del flujo de caja se considera primero el horizonte de la evaluación de proyectos que son 8 años, debido a que este tipo de tecnología va cambiando constantemente porque existen nuevas ideas para que las placas piezoeléctricas disminuyan su valor de adquisición, especialmente en la fabricación de estas, por otra parte, el ingreso de dos maneras, en primer lugar, se define el Ingreso por Beneficio Aparente (IBA) como la energía producida por el valor de la energía que corresponde a US\$ 0,12 kWh, incluyendo su variación anual dado por el índice de crecimiento demográfico y el índice de crecimiento de Cencosud de un 5% en el aumento de sus clientes, entregando un beneficio aparente para el primer año de US\$ 3.346,10.

El segundo ingreso corresponde a los Ingresos por Atracción de Tecnología cuyo porcentaje corresponde a un 0,25% del aumento de clientes en el primer año, disminuyendo paulatinamente un 0,12% por



Este contenido se publica bajo licencia CC-BY 4.0



año, hasta mantenerse en 0,01% para los años 3 al 8, para ello se considera que Cencosud obtiene como ingreso aproximadamente US\$ 25,25 por cada visita que ingresa al Mall dando como Ingreso por Atracción de Tecnología US\$ 1.221.995,35 el primer año.

Posteriormente se definen los costos asociados al proyecto, donde por inversión en el año 0 se obtiene en Activos Fijos: US\$ 666.339,12 (Considerando un total de US\$ 577.363,98 por conceptos de Hardware, software, instalación y shopping; la diferencia es en elementos para transformación y almacenamiento de la energía), en internación de mercancías de US\$ 6.356,76; y Capital de trabajo US\$ 381,96 resultado un monto total de inversión de US\$ 673.077,91. Para los siguientes años se consideran costos de mantenimiento (mantención personal de Costanera Center y personal externo perteneciente a Pavegen) el cual para el primer año es de US\$ 5.932,07 disminuyendo un 1,67% anualmente y esto se justifica a la disminución significativa en los precios que están presentando las aerolíneas con su oferta de pasajes Low Cost, afectando directamente a los vuelos del personal externo de Pavegen que debe realizar las mantenciones correspondientes.

Un resumen de las inversiones del proyecto, se puede apreciar en la tabla 6.

Elaboración Propia.

Tabla 6: Cuadro de Inversiones Total del Proyecto

Item inversiones	Monto (US\$)
Activos fijos	US\$ 666.339,12
Internación mercancías	US\$ 6.356,76
Capital de trabajo	US\$ 381,96
Total inversión	US\$ 673.077,84

Utilizando una tasa de descuento de 5,51% (Cencosud, 2017), se obtuvo un VAN positivo de US\$ 1.269.058,16, una TIR de 125,49%, esta tasa interna de retorno toma este valor debido a que se considera elementos no cuantificables o activos intangibles (ingreso por atracción de tecnología) que dan una rentabilidad mayor al proyecto, además existe un periodo de recuperación de la inversión de 0,55 años, correspondiente a 7 meses aproximadamente, indicando que existe un retorno de inversión menor a un año y existe un IVAN de 1,89, indicando que por cada dólar que se aporta al proyecto, este influye al VAN en US\$1,89.

El análisis de sensibilidad del VAN del proyecto contempla los siguientes parámetros: el flujo de peatones (considerando la distribución obtenida en el estudio del flujo de peatones), el ingreso monetario por nuevos clientes (en base a una distribución normal y con desviación estándar de US\$ 7,96), el valor de la energía, el crecimiento de los clientes del Costanera Center y el porcentaje de atracción por tecnología, provocando una variación de estos últimos, entre un 10% y 20% su valor. Por consiguiente, visualizando el porcentaje de contribución a la varianza del VAN del proyecto se puede observar (figura 4) que el parámetro Ingreso monetario por nuevos clientes es la variable crítica en la sensibilización del VAN del proyecto, ya que lo explica en un 61,3%, esto tiene relación a que los ingresos del proyecto son en su mayoría dados el valor por cliente nuevo por la atracción del proyecto, siendo una variable crítica aceptable.



Mientras tanto la variabilidad respecto al porcentaje de aumento por nuevos clientes por motivos de una nueva tecnología impacta en un 37,7%.

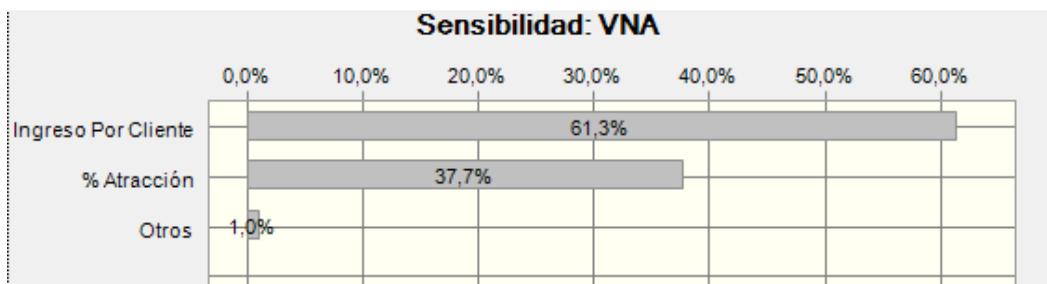


Figura 4: Sensibilidad del Valor Actual Neto

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente según, el riesgo operacional aplicado al ingreso monetario por nuevos clientes, en el escenario optimista, donde existe una variación de +- US\$7,96, de un base de US\$ 25,25 por cliente nuevo, el rango varía entre US\$ 473.851,00 a US\$ 2.064.263,73, mientras que la variabilidad de los datos es de 0,6269 y la probabilidad de que el VAN sea mayor a 0 es de 97,01% (figura 5).

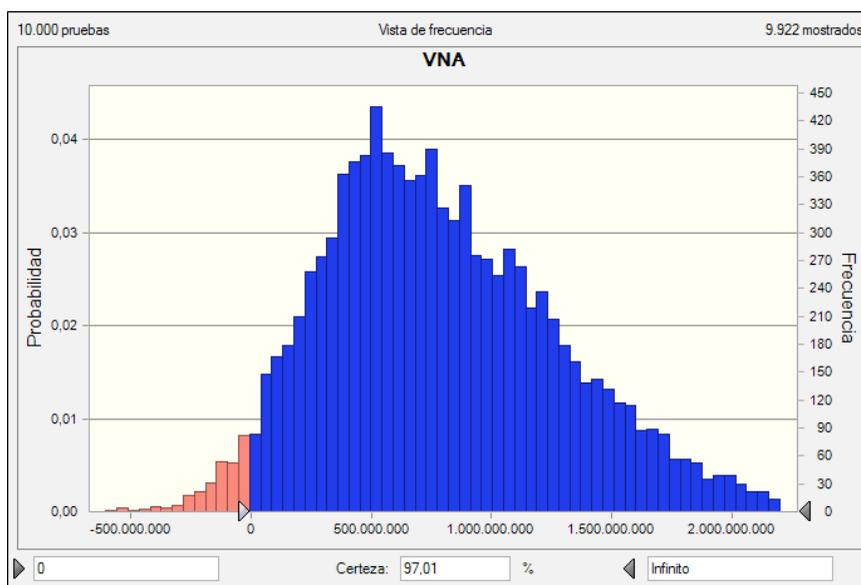


Figura 5: Simulación del Valor Actual Neto situación optimista

Fuente: Elaboración propia

Por otra parte, en el escenario pesimista, su base es de US\$11,14 con una variación de +- US\$3,18, el rango se comporta entre -US\$148.707,29 y US\$ 506.632,44, el coeficiente de variabilidad es de 1,86 y la posibilidad de que el VAN sea positivo es de 67,44% (figura 6).

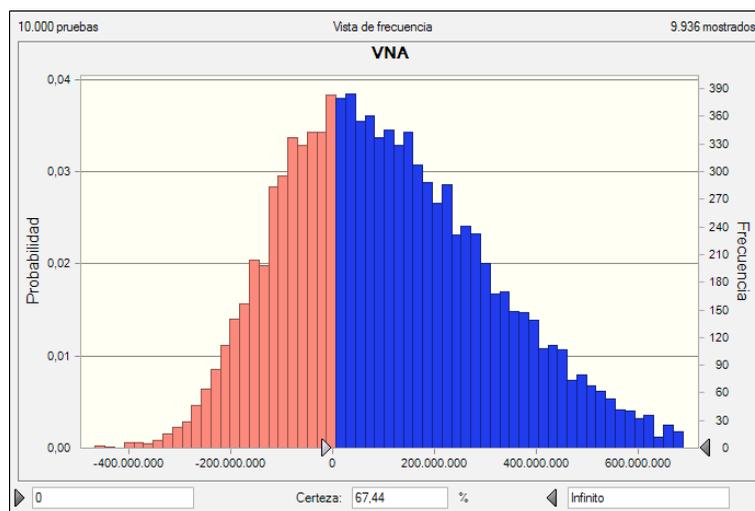


Figura 6: Simulación de Valor Actual Neto situación pesimista

Fuente: Elaboración propia

Discusión

En el presente trabajo se estudió y evaluó económicamente la factibilidad de un sistema inteligente de energía sustentable que permita alimentar la zona de ingreso (Sistema eléctrico) principalmente la iluminación, sistema de parlantes y las escaleras mecánicas posicionadas en la pasarela del Mall Costanera Center, las cuales cuentan con una afluencia de público de entre 3 a 3,5 millones de peatones mensualmente.

Al analizar esta variable se gestionó la opción de utilizar el sistema de placas piezoeléctricas las cuales serían las fuentes generadoras de energía de este proyecto, este sistema nos permite obtener energía eléctrica de manera sustentable con los pasos de los peatones lo cual nos permitiría establecer un sistema de funcionamiento completamente amigable con el entorno y a su vez gestionar con mayor facilidad la viabilidad de la propuesta de valor. Estas placas serían asignadas en áreas específicas de la estructura, que actualmente tiene una disponibilidad de superficie total de 251,6 metros.

Debido al tipo de tecnología utilizada, se realizó un estudio de la oferta para verificar cuantas personas circulan por la pasarela, arrojando una variación entre 20.000 a 27.000 peatones al día, por lo cual, se llevó a cabo una proyección anual de este flujo, alcanzando un promedio al año de 19.355.088 peatones, y en relación a la demanda de energía de la pasarela, el consumo total es de 8.139 [kWh/mensual].

Los análisis técnicos reflejados en esta investigación dan como resultado cuatro áreas debidamente delimitadas para la instalación de los dispositivos piezoeléctricos, donde se utilizará solamente un 52% del área total de la pasarela para dicha instalación (113,37 metros), considerando que dichas áreas se encuentran ubicadas en sectores que existan un apoyo de dicha pasarela para no generar una sobrecarga sobre la misma. Por otra parte, la cantidad de energía que aportará el sistema es de 26.158,2 kWh al año, equivalente a un ahorro de US\$ 3.163,98, proveniente de un total de 832.268.793 pisadas.

Finalmente, el proyecto es viable económicamente con un VAN de US\$ 1.269.058,16 aproximadamente, a me-



Este contenido se publica bajo licencia CC-BY 4.0



didada que se incluya el ingreso por nuevos clientes como atracción del proyecto, siendo este ítem y su variable la más influyente al momento de realizar el análisis de sensibilidad del VAN con un 61,3%, donde al momento de modificar esta variable origina variaciones considerables ya sea en el VAN, IVAN y el riesgo operacional del proyecto.

Los indicadores desarrollados justifican la viabilidad técnica y factibilidad económica del proyecto, con un 97,01% de probabilidad de obtener un resultado favorable en el índice del VAN (sea mayor a cero), además se puede exigir una rentabilidad mayor a la esperada debido a que la Tasa interna de Retorno entrega una mayor rentabilidad por el dinero invertido. En el caso del IVAN, en el escenario optimista, por cada dólar que se invierte en el proyecto aporta en US\$ 1,89 al VAN, en caso contrario (escenario pesimista), cada dólar que se invierte aporta en US\$0,27 al VAN, y por último, si no se considera el ingreso por nuevos clientes, cada dólar invertido contribuye negativamente al VAN en US\$1,01.

Conclusiones

El proyecto propuesto es viable, recalcando que la energía generada con esta tecnología no cubre los gastos de inversión, pero si lo hace el beneficio o ingreso por nuevos clientes como atracción del proyecto, siendo esta una de las variables con mayor significancia dentro de la evaluación económica, según la simulación y el análisis de sensibilidad aplicado a esta variable y para que este ingreso sea efectivo, debe existir una difusión de la tecnología, mediante publicidad y propaganda, a través de los canales de comunicación de la empresa como las vías más masivas (televisión, diarios, internet).

El riesgo operacional del proyecto es baja en comparación a la disminución del ingreso por nuevos clientes, si este se considera en su totalidad, existe un valor actual neto de US\$1.269.058,16, un periodo de recuperación de 7 meses, y un índice de valor actual neto de US\$1,87 por cada dólar invertido.

De acuerdo a las políticas de sostenibilidad y el programa que está llevando a cabo Cencosud dentro del Mall Costanera Center, Costanera+, las recomendaciones internas y externas que se observan de este proyecto es, en primer lugar, la instalación de nuevas escaleras peatonales, ya sea mecánicas o no en el comienzo de la pasarela por la Plaza Nueva Zelandia (Localizador azul en la figura 7), visto que el flujo de peatones actualmente se encuentra limitado por las escaleras mecánicas instaladas en este lugar siendo este un cuello de botella para el flujo, gracias a esto, se aumenta la cantidad de personas que transita diariamente por la pasarela, para así aumenta la cantidad de energía generada.

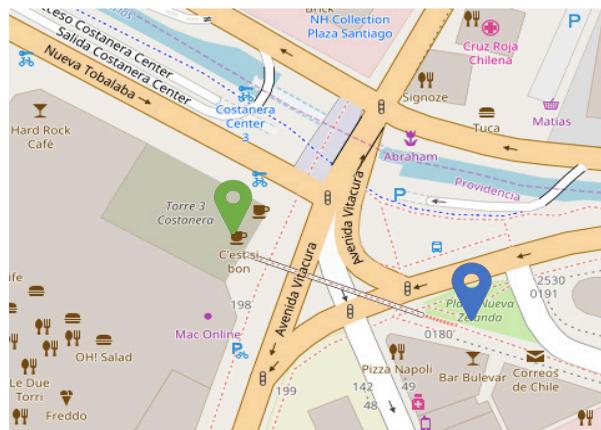


Figura 7: Mapa Inicio Pasarela

Fuente: www.welcomehile.com/santiago



Este contenido se publica bajo licencia CC-BY 4.0





Figura 8: Inicio pasarela Mall Costanera Center

Fuente: www.flickr.com

Además, otra de las recomendaciones que puede tener una mayor influencia es el cambio de los focos de iluminación de luces fluorescentes a luces con tecnología LED. Estas luces LED tiene diferentes ventajas, las cuales son: Eficiencia Energética con un consumo de hasta un 85% menos de electricidad, mayor vida útil, una luz más ecológica y baja emisión de calor permitiendo ahorrar en términos de energía consumida mensualmente.

Finalmente, para que exista un aumento en el beneficio por atracción de nueva tecnología, es necesario para el área de Marketing y Publicidad, realizar una difusión de la instalación propuesta, así aumentar el número de personas que visiten la pasarela para conocer el Proyecto. Además, es importante también, realizar una alianza estratégica con Pavegen, empresa distribuidora de las placas piezoeléctricas, para estar al tanto, de las nuevas tecnologías desarrollada por estos ya que actualmente, Pavegen está realizando estudio para hacer la combinación de la energía piezoeléctrica con la energía solar, incluyendo en sus dispositivos, placas fotovoltaicas para así existir una mayor producción de energía limpia.

Agradecimientos

Agradecemos a Cencosud por permitirnos desarrollar este proyecto, a través de la entrega de la información necesaria y relevante, permitiéndonos utilizar sus espacios para los estudios correspondientes al desarrollo del presente proyecto, de igual forma, a las empresas Pavegen y Energy Floors quienes facilitaron información respecto a los dispositivos.

Se agradece también el apoyo y respaldo brindado por el Departamento de Ingeniería Industrial de la Universidad de La Serena.



Este contenido se publica bajo licencia CC-BY 4.0



Referencias

- Agenda de Noticias Un. (10 de Julio de 2017). Baldosa produce energía al pisarla. Agencia de noticias Universidad Nacional de Colombia, 2016. Recuperado de <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/baldosa-produce-energia-al-pisarla.html>.
- Bachelet, M. (2013). Programa de Gobierno Michelle Bachelet 2014-2018.
- Tromben, C., Lever, G., Cruz, M. (2017). Tendencia del Retail en Chile 2016. Cámara de Comercio de Santiago. Recuperado de https://www.ccs.cl/prensa/2016/01/tendencias_retail_2016_WEB.PDF.
- Cencosud. (2014). Estudio Peatonal Expost. El Impacto Peatonal.
- Cencosud Shopping Centers. (20 de agosto de 2017). Estrategia de Sostenibilidad, 2015. Recuperado de <http://www.cencosudshoppingcenters.com/estrategia-de-sostenibilidad/>
- Cencosud Shopping Centers (20 de Agosto de 2017). Gestión Medioambiental. Sostenibilidad, 2015. Recuperado de <http://www.cencosudshoppingcenters.com/gestin-medioambiental/>
- Cencosud (22 de agosto de 2017). Nuestra empresa Cencosud, 2016. Recuperado de <http://www.cencosud.com/nuestra-empresa/>
- Cencosud. (13 de marzo de 2018) Memorias Anuales, Información Financiera, 2017. Recuperado de <http://investors.cencosud.com/Spanish/inversionistas/informacion-financiera/memorias-anauales/default.aspx>
- Comisión Nacional De Energía. (20 de agosto de 2017). Tarificación Eléctrica. CNE Comisión Nacional de Energía, 2017. Recuperado de <https://www.cne.cl/tarificacion/electrica/>
- Comisión Nacional De Energía. (24 de junio de 2018). Tarificación Eléctrica. Previsión de demanda eléctrica. Comisión Nacional de Energía, 2017. Recuperado de <https://www.cne.cl/tarificacion/electrica/prevision-de-demanda-electrica/>
- Energy Floors. (10 de Junio de 2017). Products. Energy Floors, 2016. Recuperado de <https://www.energy-floors.com/category/products/>.
- Ministerio de Energía. (2015). Política Energética de Chile 2050. Resumen Ejecutivo, 9. Recuperado de <http://www.energia2050.cl/es/energia-2050/energia-2050-politica-energetica-de-chile/>.
- Yunge, R. (2014). Reporte de Sostenibilidad 2013. Carta del directorio. Sean todos bienvenidos. Jumbo, pp 5 -6.
- Neumann, D. (2017) Fundamentos de la rehabilitación física, Cinesiología del sistema musculoesquelético. Extremidad Inferior (pp. 536) Milwaukee, Wisconsin: Paidotribo
- Pavegen. (10 de Junio de 2017). Permane Pavegent, 2017. Recuperado de <http://www.pavegen.com/permanent/>.
- Sapag Chain , R., y Sapag Chain, S. (2008) Preparación y Evaluación de Proyectos. Quinta edición. Colombia: McGraw-Hill.

