



PROPOSED LOW-COST PODOTACTILE SURFACE

PROPUESTA SUPERFICIE PODOTÁCTIL DE BAJO COSTO

Carlo José Muñoz Cuyuch¹

¹Universidad de Costa Rica, San Pedro, San José, Costa Rica

✉ carlo.munoz.cuyuch@gmail.com

Received: 15 novembro 2021 / Accepted: 06 dezembro 2021 / Published: 15 dezembro 2021

ABSTRACT. Tactile ground surface indicators (TGSI) are textured ceramic tiles built into urban sidewalks, used to guide visually impaired people to help them walk along these. However, they possess several key disadvantages which limit their usability and feasibility of implementation, especially in developing countries. This causes gaps in accessibility for its users whenever they try to move within cities. At the same time, their design means their installation is destructive and discontinuous, they can hinder the movement of pedestrians with mobility impairments, and they can be slippery if wet due to the materials they are made of. Therefore, henceforward a thorough research on the design of current solutions is made and a new alternative one is presented aimed at mitigating the discovered issues. The new design is focused on elements such as price, materials choice, tactility, and ease of installation. Lastly, the results of a pre-feasibility study are presented for a simple business model applied in Costa Rica based on the sales and installation of this new solution.

Keywords: tactile ground surface indicators, accessibility, visual impairment, sidewalks

RESUMEN. Las superficies podotáctiles son lozas texturizadas construidas en las aceras urbanas, utilizadas para guiar a las personas con discapacidad visual a caminar por ellas; sin embargo, poseen varias desventajas clave que limitan su usabilidad y facilidad de implementación, especialmente en países en desarrollo. Esto crea brechas en la accesibilidad para los usuarios cuando tratan de moverse dentro de las ciudades. Adicionalmente, su diseño implica que su instalación es discontinua y destructiva; pueden socavar la movilización de peatones con impedimentos de movilidad y pueden ser resbalosas cuando están mojadas debido a los materiales de los que están hechas. Por ello se realiza un estudio meticuloso del diseño de las soluciones actuales y un nuevo diseño alternativo es propuesto, que apunta a resolver las falencias encontradas. El nuevo diseño se enfoca en solventar elementos clave como el precio, la elección de materiales, la tactilidad y la facilidad de instalación. Por último, los resultados de un estudio de prefactibilidad son presentados para un modelo de negocio sencillo aplicado a Costa Rica basado en la venta e instalación de la nueva alternativa.

Palabras clave: superficies podotáctiles, accesibilidad, discapacidad visual, aceras



1. INTRODUCCIÓN

Las ciudades en Costa Rica se han comprometido con la accesibilidad a todas las personas con discapacidad, tanto por principio esencial como para acatar la ley 7600 y otras convenciones internacionales. Parte importante de la manera de garantizar dicha accesibilidad implica garantizar la movilidad segura de las personas con discapacidad visual (PDV). Para esto, tradicionalmente se han instalado losas que incluyen superficies podotáctiles, o Tactile Ground Surface Indicators (TGSI) en inglés, a las aceras. A pesar de esto, han tenido un éxito limitado, pues su costo limita su replicabilidad. Esto implica que los texturizados no son continuos, están colocados de manera dispersa y mayoritariamente en ubicaciones de alto tráfico peatonal (Municipalidad de Montes de Oca, 2013). Por ende, las superficies presentan falencias para la movilidad segura integral de la población objetivo.

Con base en lo anterior, se propone una alternativa de bajo costo para solucionar la problemática. Esta toma la forma de indicadores plásticos, con piezas de diferentes configuraciones y de fácil y económica aplicación con adhesivo. Todo esto se realiza considerando el estándar japonés para el diseño e instalación de estas superficies. Estas son aplicables no solo por municipalidades, sino también por negocios, como centros comerciales, teatros, y edificios históricos por ser no destructivos.

2. MÉTODO

La problemática se abordará en tres ejes: costo, experiencia del usuario y limitaciones de accesibilidad a otras poblaciones. Con esto se espera tratar de manera integral la problemática actual de las superficies podotáctiles. A partir de lo anterior se inicia con una indagación cualitativa. Esta implica inicialmente obtener información de expertos en la materia de la experiencia del usuario final de las TGSI y así recopilar problemáticas recurrentes que puedan ser solventadas bajo un nuevo diseño.

Adicionalmente, se entrevista a trabajadores de la municipalidad del Cantón de Montes de Oca, debido a su ubicación capitalina y política pública enfocada en accesibilidad, como lo indica en su Plan de desarrollo humano local (Municipalidad de Montes de Oca, 2013). Con ello se incluyen datos de costos, así como de gestión de la construcción de aceras e instalación de TGSI.



Para el desarrollo de la TGSI alternativa se evalúan criterios de materiales, con sus debidas justificaciones, costo y forma, así mismo se plantean y costean opciones de prototipado rápido para implementar un plan piloto. Con ello se diseña en el software FREECAD la propuesta de prototipo, junto con sus dimensiones respectivas.

Por último, se cita un estudio de prefactibilidad realizado para la propuesta. Esto para un modelo de negocio básico basado en la venta, distribución e instalación de las nuevas TGSI, basándose en un mercado privado en la Gran Área Metropolitana en Costa Rica. En él se realizan un análisis de mercado; un estudio técnico; un estudio organizacional; un estudio legal; un estudio ambiental y culmina con un estudio económico y financiero. Este último arroja resultados de flujo de caja e indicadores económicos para la aprobación de un proyecto de inversión de esta naturaleza

2.1 INDAGACIÓN CUALITATIVA

El primer ámbito es el costo, las TGSI han tenido pobre penetración en la infraestructura costarricense. A lo anterior se puede achacar el costo que tiene su instalación, la cual usualmente no sigue una metodología estandarizada de construcción (Municipalidad de Montes de Oca, 2018). Adicionalmente, solo se colocan haciendo modificaciones importantes a la acera, cuando se reconstruye o coloca por primera vez.

Según información recopilada de la Municipalidad de Montes de Oca, el coste de un metro lineal de acera con loseta puede rondar los 45000 CRC, versus tan solo 30000-35000 CRC sin loseta. Esto es para una acera nueva, en condiciones tales que no hay que hacer muros, demoliciones importantes o mover postes (Municipalidad de Montes de Oca, 2018).

Para entrar en materia de las características de los TGSI desde la perspectiva de una persona con discapacidad visual (PDV) se habló con Arnoldo Calvo. Él es fundador y exmiembro de la Comisión institucional en materia de accesibilidad (CIMAD) de la Universidad Nacional de Costa Rica; así mismo pertenece a la comisión de discapacidad de la Federación de estudiantes de la Universidad Nacional (FEUNA).

Con base en esto se obtuvo que estas no son satisfactoriamente efectivas para mejorar la movilidad de las PDV. “El mayor problema es que no consideran que una persona no vidente que utiliza bastón debe, si lo han observado, mover el bastón de un lado a otro” establece Calvo (2018). Esto lo hacen para detectar obstáculos que puedan estar presentes en su camino,



adicionalmente, los bastones de movilidad utilizados usualmente llevan una contera, a veces móvil, para facilitar el movimiento de lado a lado. Calvo establece “Estas losetas lo que provocan es que el bastón no pueda cruzar lado a lado... se va a quedar pegado en el centro” (2018).

Como resultado de lo anterior, las PDV deben levantar el bastón al transitar por TGSI, lo cual los expone a no detectar un obstáculo en la acera o a golpear a alguien con este. Inclusive, el usuario hizo hincapié en que, ha hecho validaciones con otros usuarios similares a esta (pero significativamente más extensas) para corroborar sus posiciones. De lo anterior, se obtuvo que las personas de esta población expresan que “no se les tomó en cuenta” y “en realidad es una obstrucción”, por el relieve tan agresivo que tienen las losetas (Calvo, 2018).

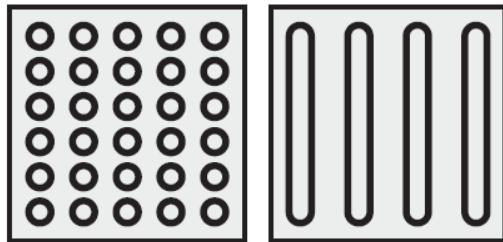
Respecto de otras poblaciones con discapacidad, Calvo establece que “incluso, no son solo inconvenientes para gente con discapacidad visual, también para las personas en silla de ruedas, para otras discapacidades... porque no permiten desplazamiento libre” (2018). Esto lo confirman Tomomi et al. “Los TGSI son frecuentemente instalados en toda la superficie empinada que lleva a un cruce peatonal, creando un obstáculo para usuario en sillas de ruedas y otros” (2008). Además, los autores estipulan que colocar estas losas sobre, o al principio y al final de pasarelas empinadas o estacionamientos para personas con discapacidad, impiden su paso.

2.2 ELABORACIÓN DE LA PROPUESTA

A partir de la evaluación de la problemática y objetivos del diseño se determina la necesidad de contar con dos tipos de piezas, pues las losas tradicionales también vienen en dos tipos, direccionales y de advertencia (ver figura 1) de acuerdo con el estándar japonés. No se considera utilizar otros estándares para no generar confusión entre las PDV que ya están acostumbradas al estándar actual. Las losas direccionales sirven para indicar la dirección de viaje y las de advertencia que indican peligros o arribo a puntos de destino (Tomomi et al., 2008)



FIGURA 1 – BLOQUE DE ADVERTENCIA (IZQUIERDA) Y BLOQUE DIRECCIONAL (DERECHA)



FUENTE: Tomomi et al. (2008)

2.3 SELECCIÓN DE MATERIALES

Se eligió el plástico como material para la propuesta por su bajo costo, facilidad de fabricación y por no ser resbaladizo. También se consideraron el metal y la madera como opciones de diseño. Se evitó el metal por ser resbaloso y por ende un impedimento para usuarios de sillas de ruedas, niños y adultos mayores (Piriya & Lakshmi, 2019).

Lo antes estipulado se toma de la experiencia de los belgas, que instalaron discos metálicos como superficie podotáctil, según expresan Tomomi et al. (2008). Por otro lado, los discos metálicos serán más caros de fabricar a pesar de ser duraderos (Piriya & Lakshmi, 2019), su durabilidad será limitada por el adhesivo con el que se instalen a las superficies. Adicionalmente, se descartó la madera por tender a pudrirse, sobre todo en condiciones muy húmedas, y por ser difícil fabricar piezas en grandes volúmenes con este material.

El plástico tiene ventajas adicionales. Para la producción se puede utilizar resina virgen o reciclada, para reducir su huella ambiental, mezclada con aditivos que mejoran su resistencia mecánica y a los rayos UV.

2.4 CONSIDERACIONES DE COSTO

El plástico es más económico como materia prima que la losa o concreto y también es menos duro y por ende tiende menos a romperse cuando son sujetas a golpes o torque. Esto se considera para disminuir costos de fabricación y mermas por piezas rotas durante el transporte o manufactura. En adición a lo anterior, su menor peso está orientado a reducir costos de transporte y embalaje necesario para movilizarlas.

Los costos de instalación dependerán de la cantidad de piezas instaladas, así como de su dificultad de instalación. Debido a ello, para el diseño, se debe considerar su tamaño, de modo



que sea necesario instalar menos unidades para cubrir un trayecto mayor. Se ahonda en los costos no solo de fabricar las piezas, sino que de montar un modelo de negocio basado en la producción e instalación de estas en la sección 3.

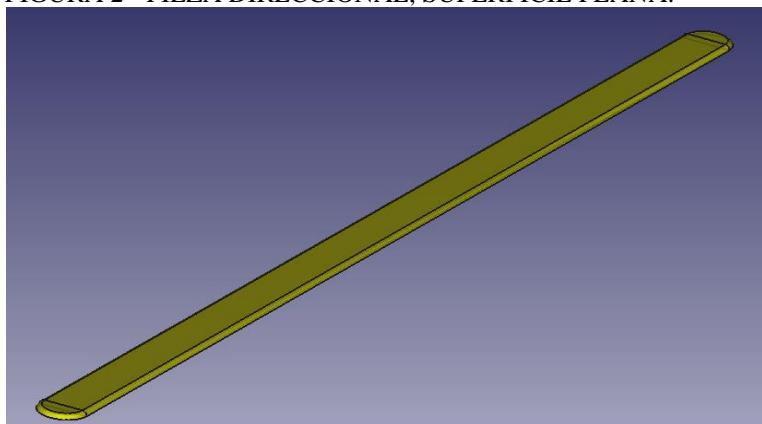
2.5 LAS DIMENSIONES Y EL DISEÑO

Para las medidas del diseño, se toman en cuenta las dimensiones de las losetas tradicionales utilizadas en Costa Rica, de 40 cm de lado (ver tabla 1) de acuerdo de acuerdo con medidas tomadas en campo. Por ello, se propone una longitud de 1 m para las piezas direccionales, pues esto reduciría tres y un tercio aproximadamente la cantidad de piezas necesarias para instalar la misma longitud de superficie que las losetas tradicionales.

En adición a lo anterior, es imperante balancear la tactilidad de la superficie y su carácter obstructivo para no recaer en un diseño insatisfactorio como los actuales. A pesar de lo anterior, no es posible conocer el efecto verdadero sobre los usuarios si no se pone a prueba, aún después de haber tomado en cuenta estos criterios de diseño. Debido a ello, se proponen dos diseños de piezas direccionales distintos, uno orientado a la transmisión de información (tactilidad) y otro orientado a ser menos obstructivo y gentil. Estos se presentan en las figuras 2 y 3 respectivamente.

Sus diseños están pensados para que puedan ser instalados con adhesivo a las superficies deseadas. Esto permite generar por un costo relativamente bajo y con una no instalación no destructiva superficies que guíen a las PDV.

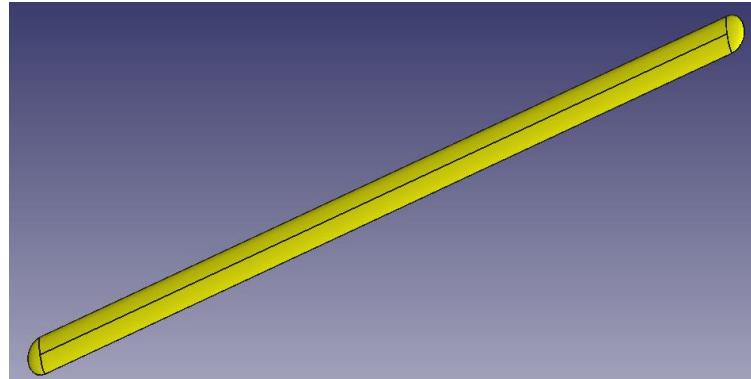
FIGURA 2 - PIEZA DIRECCIONAL, SUPERFICIE PLANA.



FUENTE: elaboración propia



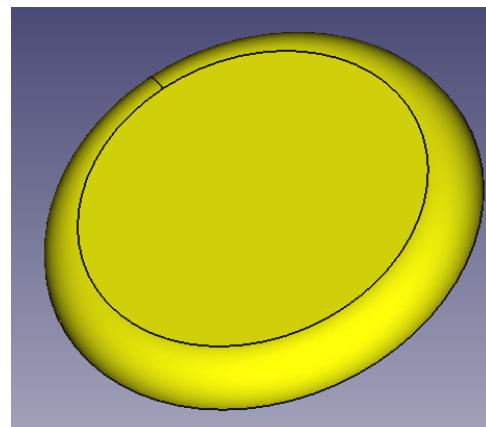
FIGURA 3 - PIEZA DIRECCIONAL, SUPERFICIE CURVA.



FUENTE: elaboración propia

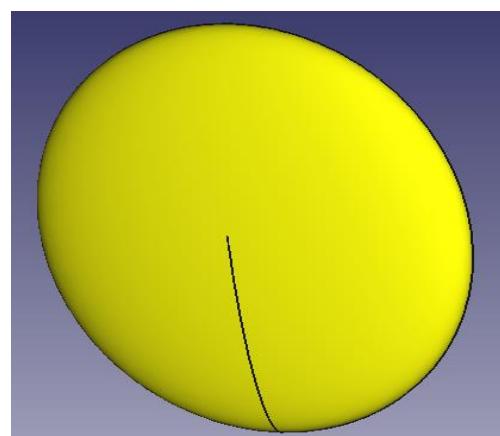
Aparte de las piezas para superficies direccionales, se generaron diseños complementarios a cada uno de los otros, pero análogos a las losetas de advertencia. Estos están pensados con los mismos criterios mencionados anteriormente.

FIGURA 4 - PIEZA DE ADVERTENCIA, SUPERFICIE PLANA



FUENTE: elaboración propia

FIGURA 5 - PIEZA DE ADVERTENCIA, SUPERFICIE CURVA



FUENTE: elaboración propia



La altura es la característica que comparten todas las piezas, se llegó a la conclusión de que la altura óptima es 4 mm. Esto para atender los reclamos de las distintas poblaciones con discapacidad. Como fue reportado, el relieve de 5 mm obstruye el paso del bastón y dificulta el paso de sillas de ruedas. No se optó por menos de 3 mm por lo ocurrido según por Tomomi et al. en Bélgica, donde la instalación de barras metálicas de 3 mm no interfiere con las sillas de ruedas, pero también resultan difíciles de percibir para la población con discapacidad visual (2008). Por ello, una altura menor resultaría en anular el único objetivo de las TGSI, que es transmitir información a las PDV (Piriya & Lakshmi, 2019).

Se tomaron mediciones de varias losetas utilizadas en el cantón de Montes de Oca, provincia de San José, Costa Rica (ver tabla 1). De ahí, así observó que no se usa un solo tipo de losa en ese espacio. Sin embargo, aquí se incluyen las mediciones del tipo más abundante.

TABLA 1- MEDIDAS DE LOSETAS ENCONTRADAS FRENTE A LA UNIVERSIDAD DE COSTA RICA,
SEDE RODRIGO FACIO

| LOSETA DIRECCIONAL | |
|------------------------------|-----|
| Lado (cm) | 40 |
| Ancho de barras (cm) | 3,5 |
| Separación entre barras (cm) | 4,5 |
| LOSETA DE ADVERTENCIA | |
| Diámetro del círculo (cm) | 4 |

FUENTE: elaboración propia

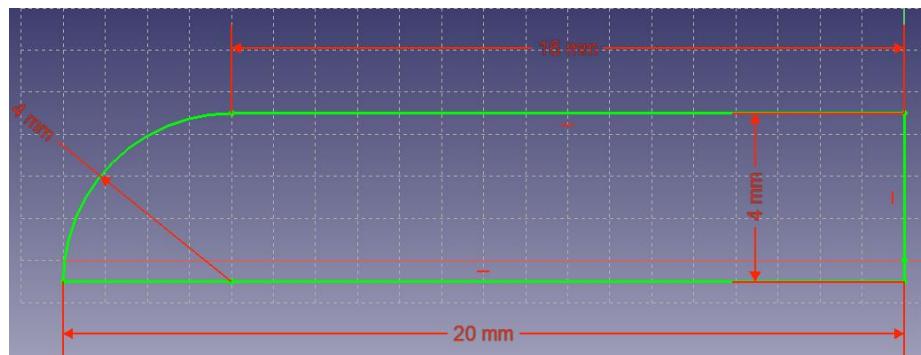
Con base en la tabla 1, se optó por un ancho superior de 4 cm para las piezas direccionales, de modo que obstaculizaran menos el paso de sillas de ruedas. Esto porque, al haber mayor superficie, se espera que haya mayor fricción entre la llanta y la pieza. Como consideración adicional el ancho mayor permite hacer menos dramática la inclinación que da paso al relieve y contribuir de este modo a la movilidad y al paso de llantas o conteras de los bastones.

El diseño de superficie plana (figura 2) es más similar al de las losetas ya existentes, salvo por la curvatura lateral, de radio de 4 mm (ver figura 6), colocada a su alrededor y un mayor ancho. Se espera que esta curvatura facilite el paso, tanto de las sillas de ruedas, como de conteras. Sin embargo, como fue mencionado, es necesario generar y realizar un diseño experimental para verificar que los impedimentos de los texturizados tradicionales no están presentes. Los extremos se generan a partir de una figura de revolución de 180° hecha a partir de la figura 6. El cuerpo de la pieza se genera extendiendo la figura 7 una altura de 4 mm y recordando los bordes para mantener la curvatura de la figura 6. Por último, la pieza de



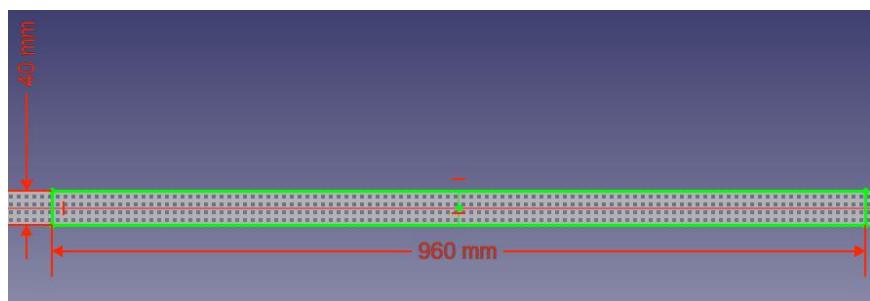
advertencia complementaria se genera a partir de una superficie de revolución de 360º de la figura 6.

FIGURA 6 – DIMENSIONES DE LA CURVATURA DE LAS PIEZAS DE SUPERFICIE PLANA



FUENTE: elaboración propia

FIGURA 7 – CUERPO DE LA PIEZA DIRECCIONAL DE SUPERFICIE PLANA



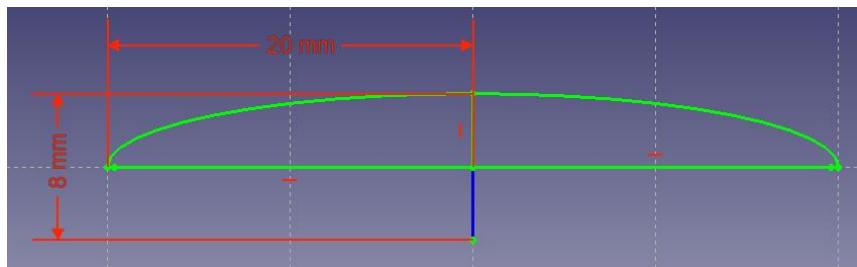
FUENTE: elaboración propia

El segundo tipo de pieza, la completamente curva (figura 3) se plantea como solución aún más gentil, pues su superficie elíptica es la más fácil sobre la cual pasar. Sin embargo, se necesita garantizar que el relieve posea la suficiente sensación táctil para ser sentida fácilmente por las PDV, recordando que su objetivo primordial es transmitirles información (Piriya & Lakshmi, 2019). Lo dicho no necesariamente se cumplirá por lo suave del relieve. Esto porque Yoshiyuki et al. (2005) indican que para dichas personas es más fácil discriminar entre los bordes de dos materiales con alto contraste táctil. Los mismos autores establecen que el cómo se perciben los materiales del suelo depende no solo de la altura del relieve, sino también de los patrones y la forma de la sección transversal del mismo.

El cuerpo de esta pieza direccional se genera a partir de la figura 7, extendiéndola 960 mm y los extremos se generan a partir de una figura de revolución de 180º de la misma. Aparte de esto, la figura de advertencia complementaria se genera a partir de una superficie de revolución de 360º de la figura 8.



FIGURA 8 – DIBUJO PARA FIGURA DIRECCIONAL DE SUPERFICIE CURVA



FUENTE: elaboración propia

La comparación en la fase de prueba arrojará cual diseño permite el mejor balance entre tactilidad y no intrusividad para las diferentes personas usuarias de las aceras. De este modo se podrá optar por la situación óptima en todos los aspectos.

2.4 APPLICACIONES Y VENTAJAS

La gran ventaja de la solución propuesta radica en la alta replicabilidad que le otorgan su menor costo e instalación con adhesivo, que la hace no destructiva. Se pueden colocar inclusive en ubicaciones que se podrían beneficiar de ellas, pero cuya superficie tradicionalmente no lo permite, como las tapas de alcantarilla (ver figura 9). Para estas, según Tomomi et al, no consideran una solución satisfactoria ni cortar el camino (figura 9) ni rodear la tapa (figura 10).

El hecho de que su aplicación es no destructiva los hace ideales para espacios interiores privados, que no suelen contar con ningún tipo de guía como centros comerciales, restaurantes y supermercados. Aparte de ello, son ideales para ubicaciones históricas, cuyos suelos no pueden ser destruidos para instalar losetas por consideraciones patrimoniales.

**FIGURA 9 - BLOQUES DIRECCIONALES INTERRUMPIDOS POR TAPA DE ALCANTARILLA
(SEOUL, KOREA)**



FUENTE: Tomomi et al. (2008).



Cuando ocurren interrupciones como en la figura 9, las personas con visión limitada pierden su guía direccional, lo cual les dificulta la movilidad. Es recomendable evitar esta situación en la máxima medida posible.

FIGURA 10 - BLOQUES REDIRECCIONADOS ALREDEDOR DE UNA TAPA DE ALCANTARILLA (HOKKAIDO, JAPÓN).

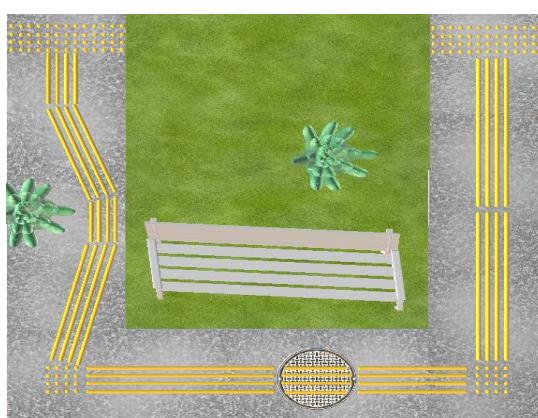


FUENTE: Tomomi et al. (2008).

El crear un desvío de esta forma no solo es poco estético, sino que dificulta a los usuarios el movimiento, pues el paso por estos es mucho más letárgico que por un camino recto.

Debido a que su fabricación es plástica, es posible producir piezas direccionales de distintas longitudes. Así pueden hacerse cambios pequeños de dirección, que no requieran piezas de advertencia, para rodear tenuemente obstáculos inamovibles. Adicionalmente, esto permite colocarlas en lugares en donde previamente no era posible (véase figura 9). Así se puede dar continuidad al camino. Súmese a esto su dificultad de instalación y se tiene una solución fácilmente escalable.

FIGURA 11 - EJEMPLOS DE APLICACIÓN, PIEZAS MODIFICADAS PARA PASAR SOBRE UNA TAPA DE ALCANTARILLA Y RODEAR UN ÁRBOL FÁCILMENTE



FUENTE: Elaboración propia



3 RESULTADOS

3.1 GENERALIDADES DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

El estudio de prefactibilidad está conformado por un conjunto de análisis previos. Dicho estudio toma en cuenta 3 escenarios: pesimista, más probable y optimista. Este fue realizado por Chávez, Loría y Muñoz (2019) para la propuesta planteada anteriormente. Los análisis realizados son:

- Análisis de mercado: realizado para comprobar que existe un número suficiente de clientes potenciales que dadas las condiciones apropiadas presentan una demanda que justifique la propuesta.
- Estudio técnico: durante el estudio técnico se diseñan los procesos necesarios para montar el modelo de negocio. Del mismo modo se determinan los recursos requeridos y sus fuentes. En este se compara adicionalmente la producción propia con la tercerización y los requerimientos de infraestructura, capital humano, equipo, mobiliario y servicios básicos requeridos para llevar a cabo el negocio.

También estima la capacidad inicial de producción del servicio, la ubicación de la planta y aspectos geográficos de los clientes potenciales respecto de esta.

- Estudio organizacional: el estudio organizacional determina el tipo y cantidad de puestos de trabajo que generaría la propuesta, así como el organigrama de la potencial empresa.
- Estudio legal: este determinaría la relación con los socios; manejo de propiedad intelectual, así como los trámites de formalización de una empresa basada en el nuevo modelo de negocio y los costos asociados. Aparte de ello, determinaría la estructura de pago de impuestos; la necesidad de libros legales y contables; inscripción ante Tributación y otros permisos operativos.
- Estudio ambiental: realiza consideraciones ambientales sobre el impacto de la producción y distribución del producto, dada la implementación del nuevo modelo de negocio.
- Estudio económico y financiero: sintetiza los demás estudios y los costos determinados en ellos para así determinar el capital de trabajo, flujo de caja y



variables de decisión tasa interna de retorno (TIR) y valor actual neto (VAN).

Este es el resultado final del estudio de prefactibilidad y sirve para determinar la decisión de inversión del modelo de negocio basado en la propuesta de superficies podotáctiles.

3.2 SUPUESTOS DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

El estudio de prefactibilidad se crea a partir de una serie de supuestos generales. Inicialmente que el tipo de cambio del dólar está en 573 colones costarricenses; de igual modo se considera un impuesto al valor agregado del 13%. Se realiza una encuesta y considera que sus datos son satisfactoriamente confiables, así como que 10% del espacio de las edificaciones comerciales aproximadamente son pasillo (Chávez, Loría & Muñoz, 2019).

Del mismo modo, se utiliza un límite de confianza de 95% para realizar los pronósticos de demanda y que esta está directamente ligada con el crecimiento del sector construcción.

Respecto del precio, su cálculo fue obtenido con los resultados de las encuestas y supone que este es satisfactoriamente representativo de la intención general del mercado hacia el producto. Adicionalmente, se utilizan los costos brindados por la Municipalidad de Montes de Oca como costo de una inversión análoga de instalación de superficies podotáctiles de loseta (Chávez, Loría & Muñoz, 2019).

Otros supuestos utilizados son que el costo de los servicios, gasolina y extrusión no variará sustancialmente durante el período de 5 años de análisis de la inversión, así como que los costos por salarios tendrán un aumento de 3% anuales. Se considera la jornada laboral de 8 horas diarias, 48 horas a la semana durante 6 días (Chávez, Loría & Muñoz, 2019).

3.3 RESULTADOS PRINCIPALES DEL ESTUDIO DE PREFACTIBILIDAD

A partir del análisis se estima una inversión inicial de 87 032 430,37 CRC y el punto de equilibrio se da con una venta de 12 793,2 m lineales con un punto de equilibrio esperado de 12793,2 metros lineales de superficie vendida (Chávez, Loría & Muñoz, 2019). Esto para el escenario más probable, sin embargo, hay una incertidumbre asociada a los pronósticos y condiciones del mercado que colocaría las ventas alrededor de este escenario entre los escenarios pesimista y optimista con un 95% de confianza (Chávez, Loría & Muñoz, 2019).



El precio de venta varía entre escenarios debido a que se realizan ajustes a la baja y al alza al valor que acepte el mercado en 10%, a partir de los resultados de la encuesta (Chávez, Loría & Muñoz, 2019). Del mismo modo, varía la cantidad de meses en los que se genera capital de trabajo, esto se indica en la tabla 2.

TABLA 2 – PRECIO Y MESES EN LOS QUE SE GENERA CAPITAL DE TRABAJO POR ESCENARIO

| Escenario | Precio | Demanda | Cantidad de meses en los que se genera capital de trabajo |
|------------------|---------------|----------------|--|
| Pesimista | 8100 colones | Pesimista | 9 |
| Realista | 9000 colones | Realista | 6 |
| Optimista | 9900 colones | Optimista | 3 |

FUENTE: Chávez, Loría y Muñoz (2019)

En este se realiza un análisis del comportamiento de la demanda y una estimación de la demanda potencial a partir del comportamiento de los sectores comercio y construcción en Costa Rica. Con ello, se esperan las ventas más probables oscilan alrededor de los 97267 metros lineales de producto vendido.

TABLA 3 – VENTAS ANUALES PROYECTADAS EN COSTA RICA

| Año | Ventas anuales | | |
|---------------------|-----------------------|---------------------|------------------|
| | Pesimista | Más probable | Optimista |
| 1 | 23520,4 | 21295,0 | 23520,4 |
| 2 | 33634,2 | 29912,9 | 33634,2 |
| 3 | 20414,4 | 25882,0 | 29635,7 |
| 4 | 8070,7 | 10283,8 | 12689,1 |
| 5 | 7724,0 | 9893,7 | 12251,9 |
| Total ventas | 93363,7 | 97267,4 | 111731,3 |

FUENTE: Chávez, Loría y Muñoz (2019)

Los resultados más importantes del estudio de prefactibilidad son el VAN, la TIR y el período de recuperación por escenario (ver tabla 4). Si bien el período de recuperación se mantiene a menos de un año, de caer en el límite inferior (escenario pesimista), el proyecto tendría una TIR negativa.

TABLA 4 – INDICADORES FINANCIEROS POR ESCENARIO

| Indicador | Demanda | | |
|--------------------------------|------------------|-----------------|------------------|
| | Pesimista | Realista | Optimista |
| VAN | ₡5.543.771,14 | ₡16.282.648,89 | ₡49.802.285,18 |
| TIR | -6,5% | 14,9% | 29,4% |
| Período de recuperación | Primer año | Primer año | Primer año |

FUENTE: Chávez, Loría y Muñoz (2019)



4 DISCUSIÓN

Los resultados más importantes provienen del estudio de prefactibilidad, donde se muestra que, bajo las condiciones más probables, sin caer en el escenario pesimista, es posible montar un modelo de negocio basado en la venta e instalación de las superficies podotáctiles propuestas. Sin embargo, la decisión final de inversión de un proyecto de esta naturaleza recae sobre la tasa de retorno aceptable para la entidad que lo ejecuta de las condiciones del mercado particulares.

Se nota que hay una caída en las ventas esperadas para los tres escenarios, debido al comportamiento esperado del sector construcción durante el período analizado. Ello implica que podría ser necesario ampliar el mercado meta paulatinamente para contrarrestar este elemento.

Aparte de lo anterior, se considera que se ofrecen diseños que ofrecen ventajas significativas sobre las soluciones tradicionales. Sin embargo, es pertinente una etapa de prototipado y optimización a partir de un diseño experimental que compare ambas propuestas, en una validación con distintas poblaciones, de modo que se pueda escoger una de ellas y hacer ajustes finales, de ser necesarios. Las poblaciones incluyen a las PDV; usuarios de sillas de ruedas; niños; adultos mayores y población sin necesidades especiales o discapacidades como control.

4.1 EVOLUCIÓN DIGITAL

Se propone la evolución digital de la propuesta a partir de su modificación para instalaciones permanentes en sitios públicos. Otra problemática de las ciudades en el mundo, y específicamente las costarricenses, son los conductores que parquean sus vehículos ilegalmente sobre aceras y pasos peatonales. Tan solo entre enero y agosto de 2021 en Costa Rica se sancionaron a alrededor de 23 conductores por parquear mal (Rojas, 2021). La detección de infracciones sin embargo requiere de esfuerzo humano y que coincidentemente un oficial de la policía de tránsito pase por el lugar mientras se comete la infracción; esto en adición a que decida ponerla, dado que no tenga restricciones de tiempo o falta de voluntad.

De ahí deviene la propuesta de evolución digital para espacios públicos. La adición de sensores integrados a la superficie podotáctil en puntos citadinos clave permitirían detectar este tipo de infracciones. La naturaleza flexible del plástico permitiría la inclusión de sensores



debajo de cada una de las piezas que permitan detectar la fuerza ejercida por un vehículo colocado sobre la acera. Esto permitiría alertar inmediatamente a las autoridades sobre lo ocurrido y podrían así desplazarse hacia el lugar para ejercer la infracción.

En adición a usos sancionatorios, la implementación de sensores en las superficies podotáctiles permitiría la recolección de información de tránsito de peatones. A través la detección de fuerzas correspondientes al paso de personas, se puede obtener el flujo de transeúntes a través de un área. Este tipo de información permitiría reforzar políticas de mantenimiento de aceras, limpieza y seguridad. En adición a lo anterior, puede utilizarse para generar planificación urbana; al facilitar la decisión de colocación de infraestructura como pasos peatonales, paradas de bus y estaciones de metro en lugares estratégicos.

5 CONCLUSIÓN

Se concluye que se sienta una base sólida para el finiquito de un sustituto para las superficies podotáctiles tradicionales basadas en losetas, con ventajas apreciables en accesibilidad y costo y así generar ciudades con condiciones mejoradas de accesibilidad y centradas en los peatones en vez de los automóviles.

Del mismo modo se concluye que se cuenta con evidencia para sugerir que es posible montar un modelo de negocio aceptablemente rentable basado en la comercialización e instalación de las superficies podotáctiles propuestas.

La evolución del modelo propuesto puede permitir generar infraestructura inteligente que facilite la coordinación de servicios públicos, construcción de infraestructura y generación de política pública orientada hacia los peatones urbanos.

REFERENCIAS

- Banco Central de Costa Rica. (23 de Agosto de 2018). **Tipo de cambio y tasas.** Recuperado de <https://www.bccr.fi.cr/SitePages/default.aspx>
- Chavez, V. D., Loría, R. L. & Muñoz, C. C. (2019). **Proyecto: superficie podotáctil de bajo costo.** (documento inédito). Universidad de Costa Rica.
- Departamento de salarios del Ministerio de trabajo y seguridad social. (2018). **Lista de ocupaciones clasificada por el personal técnico del departamento, salarios mínimos sector privado año 2018.** Recuperado de http://www.mtss.go.cr/temas-laborales/salarios/Documentos-Salarios/lista_ocupacion_2018.pdf



- Municipalidad de Montes de Oca. (2013). **Plan de desarrollo humano local cantón de Montes de Oca. Municipalidad de Montes de Oca:** https://montesdeoca.go.cr/la_municipalidad/transparencia/planes_institucionales/plan_estrategico/Plan%20Cantonal%20de%20Desarrollo%20Humano%20Local.%20Montes%20de%20Oca..pdf
- Muñoz, C. J. A. (5 de Agosto de 2018). **Entrevista a A. Calvo [archivo de audio]. Sobre la experiencia de las personas con discapacidad visual con las superficies podotáctiles.** En posesión de los autores.
- Piriya, R. J., & Lakshmi, T. N. (2019). **Tactile Ground Surface Indicator - Installation and challenges faced by visually impaired globally.** International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering (IJITEE), 516-519.
- Tomomi, M., Nishidate, A., Katsumi, T., Kunijiro, A.. (2008). **Installation errors and corrections in tactile ground Surface indicators in Europe, America, Oceania and Asia.** IATSS Research, 32(2), pp 68-80. doi: 10.1016/S0386-1112(14)60210-7 (en inglés).
- Yoshiyuki, K., Takamichi, T., Mieko, H., Hiroshi, F.. (2005). **Gait Analysis of People Walking on Tactile Ground Surface Indicators.** IEEE Transactions on Neural Systems, and Rehabilitation Engineering, 13(1), pp 53-59. doi: 10.1109/TNSRE.2004.841880 (en inglés).