

## DETECCIÓN DE DISPAROS

Juan R. Aguilar <sup>1</sup>

Fundador

Laboratorio de Electro Acústica y Procesamiento de Señal (LEAPS)

### Información institucional

LEAPS es una *startup* de base tecnológica con sede en Santiago de Chile, su visión es contribuir a mejorar la calidad de vida de las personas mediante la creación de soluciones de seguridad que ayuden a reducir la violencia con armas de fuego en las ciudades de Chile y América Latina.

### Síntesis de la experiencia

En lo referente a la experiencia aquí presentada, consiste en el desarrollo e implementación de un Sistema de Detección de Disparos en un barrio de Santiago durante el año 2018. La iniciativa apunta a introducir esta tecnología como una herramienta probadamente eficaz para reducir la violencia urbana con armas de fuego, gracias a sus contribuciones al policiamiento, la investigación, el análisis criminal y la prevención situacional de dichos delitos.

### Descripción de la Experiencia

#### a. Violencia urbana con armas de fuego en América Latina: también un problema de falta de información

La violencia urbana con armas de fuego representa uno de los mayores problemas sociales y de seguridad de América Latina, el que incluso alcanza connotaciones de problema de salud pública en varios países del continente. Anualmente, más de 100.000 latinoamericanos fallecen víctimas de armas de fuego. El costo económico de esta violencia se estima entre el 3,5% y el 14,2% del PIB regional. Mientras en otras partes del mundo las tasas de homicidio con arma de fuego han disminuido o se estabilizan, en Latinoamérica han crecido sostenidamente durante los últimos años [1].

Entre las causas que explican este fenómeno, encontramos que en América Latina las armas de fuego no solamente son utilizadas como instrumentos para cometer delitos, sino también como un medio para resolver conflictos entre las personas. Uno de los factores de riesgo que catalizan este problema es la urbanización rápida y a gran escala, característica de los suburbios y favelas de las ciudades latinoamericanas. La evidencia sugiere que la densidad demográfica y la desigualdad social se correlacionan positivamente con el número de homicidios con arma de fuego [1].

Aun cuando Chile posee una de las tasas de homicidio con arma de fuego más bajas del continente, la violencia armada ha experimentado un incremento significativo en los últimos años. El número anual de homicidios con arma de fuego prácticamente se duplicó en la última década. Asimismo, la Encuesta Nacional Urbana de Seguridad Ciudadana (2018) muestra que los disparos y balaceras son, después del narcotráfico, el problema que más afecta la percepción de seguridad de los ciudadanos. Aproximadamente el 33,8% de la población pertenecientes a los tres primeros quintiles perciben siempre o frecuentemente disparos o balaceras en su barrio.

---

<sup>1</sup> Email: aguilar@leaps.cl

En este contexto situacional, una de las mayores limitaciones que enfrentan los gobiernos y fuerzas de orden y seguridad para controlar la violencia urbana con armas de fuego es la falta de información. Diversos estudios han confirmado que más del 70% de los disparos y balaceras no son denunciados a la policía [1]. Esta baja tasa de denuncias, sumada a la falta de objetividad y precisión inherentes a las denuncias, ponen de manifiesto la necesidad de disponer de sistemas de teledetección diseñados para vigilar y alertar los disparos y balaceras que suceden en la vía pública.

Usados por primera vez en los Estados Unidos durante los Juegos de Atlanta 1996, los Sistemas de Detección de Disparos (SDD) son capaces de alertar en tiempo real los tiroteos producidos en las calles, proporcionando la georreferenciación de los tiradores activos y una estimación de los tipos de armas descargadas. Más de dos décadas de evidencia científica respaldan la eficacia de esta tecnología para ayudar a reducir la violencia urbana con armas de fuego. Esto gracias a sus contribuciones al policiamiento, a la investigación criminalística, al análisis criminal, y la prevención situacional de estos delitos [1].

## **b. Antecedentes**

El objetivo general es contribuir al control y reducción de la violencia con armas de fuego en los espacios públicos de las ciudades de Chile y de América Latina.

Los objetivos específicos son:

- ⊕ Satisfacer la necesidad de información acerca de la violencia con armas de fuego en los espacios públicos del municipio de La Pintana. El año 2017 este municipio alcanzó una tasa de homicidio de 5,6 por cada 100.000 habitantes; sin embargo, sólo 14 denuncias por delitos asociados a las armas de fuego fueron realizadas durante ese año.
- ⊕ Proporcionar a las fuerzas de orden y seguridad pública de La Pintana un SDD funcional, capaz de ser utilizado para el policiamiento, la investigación criminalística, el análisis criminal y la prevención situacional de la violencia con armas de fuego en los espacios públicos.
- ⊕ Introducir la detección de disparos dentro del contexto de la seguridad pública nacional y latinoamericana, como una solución probadamente eficaz para el control de la violencia urbana con armas de fuego.

Las metas fueron las siguientes:

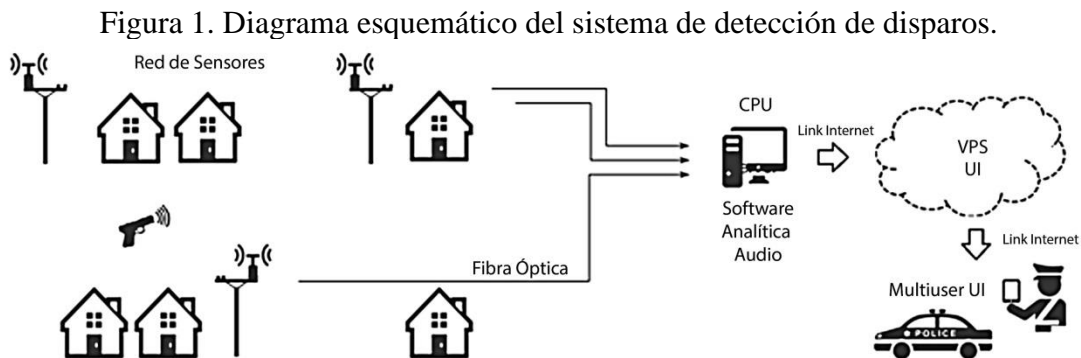
- ⊕ Desarrollar y pilotar un SDD capaz de producir alertas dentro de 10 segundos después de ocurrida la descarga y de georreferenciar la ubicación del tirador con un error de hasta 20 metros.
- ⊕ Revelar la cifra oculta de disparos no denunciados en el sector a intervenir.
- ⊕ Determinar los patrones geoespaciales y temporales en los cuales se producen los disparos y balaceras en el sector a intervenir.
- ⊕ Reducir en un 30% las denuncias de violencia con arma de fuego en el espacio público del sector a intervenir.

- ⊕ Diseminar la iniciativa en conferencias nacionales e internacionales, y mediante publicaciones académicas en revistas indexadas y en la prensa en general.

El proyecto fue iniciado en octubre de 2015 y contempló un plazo de ejecución de nueve meses. De esta forma, se esperaba tener el sistema funcionando en junio de 2016. Por diversas razones, su implementación fue interrumpida en mayo de 2016 cuando se impidió continuar con la instalación. Los trabajos fueron retomados más de un año después, en junio de 2017. Luego de una marcha blanca de seis semanas, en abril de 2018, el sistema fue entregado a la alcaldesa de La Pintana.

### c. Desarrollo de la experiencia

El diagrama esquemático de la figura 1 describe el SDD que fue desarrollado. Este se compone de una red de sensores de disparo, la CPU, el software de analítica de audio, y la interfaz de usuario. Los sensores captan el sonido de los disparos y envían la información a la CPU mediante un tendido de fibra óptica. La CPU es donde se ejecuta el software de analítica de audio que se encarga de detectar y georreferenciar los eventos. Cuando esto ocurre, la CPU envía los datos a la interfaz de usuario (UI) para su visualización. La interfaz de usuario es un sitio web hospedado en un servidor privado virtual, y soporta múltiples usuarios conectados simultáneamente accediendo a la información de los disparos.



Fuente: LEAPS.

La red estuvo compuesta de cinco sensores de disparos separados unos 300 a 400 metros entre sí, abarcando una superficie total de 0,5 km<sup>2</sup>. Los sensores fueron instalados en lo alto de postes de alumbrado público (ver figura 2). Para prevenir la destrucción producto de acciones vandálicas, algunos sensores fueron camuflados montándolos en las luminarias de alumbrado público. La CPU fue instalada en la Subcomisaría El Castillo de Carabineros de Chile. La conectividad entre la CPU y la UI fue realizada mediante un servicio de internet satelital.

La interfaz de usuario desempeña tres funciones principales: Tiempo-real, Base de datos, y Estadísticas. En el modo tiempo-real, cuando se detecta un disparo, la UI genera una alarma acústica, muestra en GoogleMaps la georreferenciación del disparo y se despliega una ventana emergente con la información del evento: número de evento, dirección calle/número, fecha y hora, coordenadas UTM. La figura 3 muestra una captura de pantalla de la UI en el modo tiempo real.

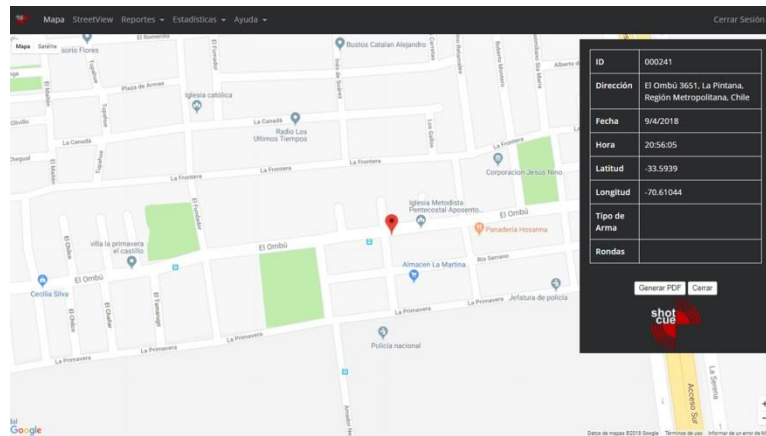
Figura 2. Sensor de disparo instalado en un poste de alumbrado público.



Fuente: LEAPS.

En el modo base de datos, el usuario accede al registro de eventos detectados, ya sea como un listado o un conjunto de georreferenciaciones en un mapa. Se puede seleccionar el rango de fechas a consultar. En el modo Estadísticas, se genera automáticamente un mapa de calor que permite identificar visualmente los *hot-spots* donde se concentran los disparos. Además, se genera estadísticas en función del tiempo, lo que posibilita determinar los días de la semana y horarios en los que se detectan más disparos. El sistema almacena archivos de audio digital de alta resolución de los eventos detectados para usos forenses.

Figura 3. *Screenshot* de la interfaz de usuario del sistema en modo detección tiempo real.



Fuente: LEAPS.

Figura 4. Vista panorámica del sector El Castillo de La Pintana desde uno de los sensores de disparo.



Fuente: LEAPS.

En la presente iniciativa participó el municipio de La Pintana con el objetivo de usar esta tecnología para reducir los índices de violencia con armas de fuego en su territorio. Carabineros de Chile se desempeñaría como usuario directo del sistema, atendiendo y respondiendo a las alertas de disparo. La *startup* LEAPS estuvo a cargo de desarrollar, proveer e instalar el SDD. Asimismo, La Pintana fue la encargada de llevar a cabo la coordinación interinstitucional entre todos los participantes.

#### **d. Beneficios y beneficiarios**

Los beneficios de la detección de disparos para el control de la violencia urbana están bien documentados en la literatura. Esta tecnología incrementa las probabilidades de detener y condenar a los pistoleros en la vía pública y de incautar sus armas de fuego. Esto no sólo reduce, sino que también previene situacionalmente esta violencia. Diversos estudios reportan reducciones de entre un 25% y un 30% en las denuncias de disparos al usar esta tecnología. Uno de los atributos más distintivos es su capacidad para revelar la cifra oculta de disparos no denunciados, información fundamental para el diseño de políticas públicas eficaces [1, 2].

Los usuarios internos son varios y se benefician de diferentes maneras. La policía, con una respuesta más rápida y con mayor conciencia situacional. El investigador criminal sabe *a-priori* qué y dónde investigar, esto reduce la cantidad de recursos policiales requeridos para investigar y aumenta la eficacia de las pesquisas. El analista criminal obtiene automáticamente mapas de calor con *hot-spots* más definidos y actualizados en tiempo real, así como análisis estadísticos en función del tiempo. El persecutor penal dispone de un nuevo tipo de evidencia criminalística en la forma de los registros de eventos y las grabaciones de audio de los disparos.

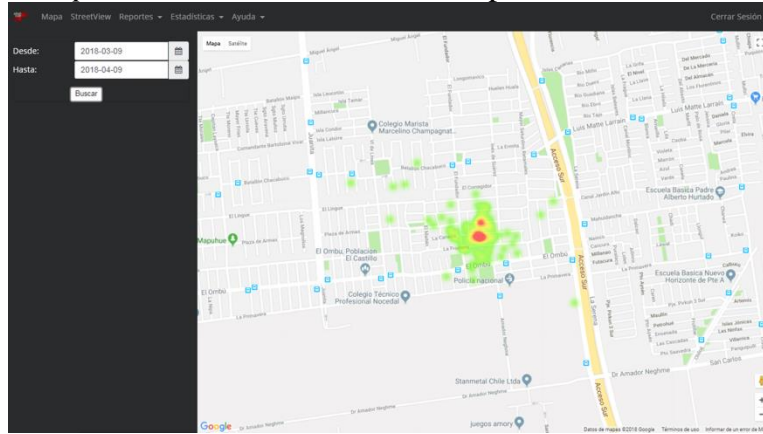
Los usuarios externos fueron los residentes del lugar donde el SDD fue instalado. En este caso fue el sector El Castillo, el cual comprende 1 km<sup>2</sup> dentro del municipio de La Pintana. La densidad demográfica del sector se estima en unos 18.000 habitantes por km<sup>2</sup>, con un 23,3% de hogares hacinados. El 23,5% de su población es menor de 15 años y el 24,9% posee entre 15 y 30 años. La pobreza es de 14,2% por ingreso y de 34,7% multidimensional. La fotografía de la figura 4 muestra una vista panorámica del sector El Castillo de La Pintana tomada desde uno de los sensores de disparo. Dado que la cobertura del SDD fue de 0,5 km<sup>2</sup>, nuestra expectativa fue beneficiar a unos 9.000 ciudadanos del sector.

#### **e. Seguimiento, evaluación y resultados**

La marcha blanca del SDD se llevó a cabo desde comienzos de marzo hasta mediados de abril del año 2018. Durante este período el sistema detectó 100 disparos, algunos de ellos agrupados en ráfagas. Las herramientas de análisis criminal incorporadas en la interfaz de usuario permitieron determinar fácilmente los patrones geospaciales y temporales de esta violencia en el sector. El

mapa de calor de la figura 5 muestra los *hot-spots* de disparos que arrojó el sistema. Los eventos, generalmente, fueron detectados los fines de semana y por la noche después de las 21:00 horas.

Figura 5. Mapa de calor generado automáticamente por el SDD. Se aprecian claramente los *hot-spots* donde se concentran los disparos en el sector.



Fuente: LEAPS.

El desempeño del sistema fue determinado experimentalmente. De acuerdo con esta evaluación, el desempeño del SDD desarrollado es comparable a otras soluciones de este tipo que existen en la actualidad. El sistema tarda 10 segundos después del disparo en producir una alerta y mostrar la georreferenciación de la ubicación del tirador. El porcentaje de activaciones falsas positivas, esto es activaciones por sonidos que no son disparos, fue de 30,1%, siendo los fuegos artificiales la principal fuente de ellas. El porcentaje de falsos negativos, o disparos reales no detectados por el sistema, fue de 2,7% [3, 4].

Los efectos de la detección de disparos en el desempeño policial, así como su eficacia para reducir y prevenir situacionalmente la violencia con armas de fuego, no pudieron ser estudiados. Esto porque luego de la marcha blanca las autoridades de La Pintana tomaron la decisión de desestimar el uso del sistema. No obstante, la revisión de la literatura sobre detección de disparos sugiere el diseño de evaluaciones cuasi-experimentales para determinar la eficacia de esta tecnología y sus efectos en el desempeño policial [2].

La iniciativa fue reconocida como una “Buena Práctica en Análisis Delictual” por Fundación Paz Ciudadana y fue presentada en la 9ª Conferencia Internacional en Análisis Delictual en Santiago de Chile en el año 2018 [3, 4]. Además, fue publicado un artículo de revisión acerca de la detección de disparos en américa latina en “URVIO Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad”, que está indexada en Web of Science [1]. En el año 2019 la revista “AméricaEconomía” realizó un reportaje acerca del boicot que sufrió nuestra iniciativa [5].

#### **f. Problemas y obstáculos – Boicoteando la detección de disparos**

Durante la ejecución de la experiencia, los primeros problemas y obstáculos surgieron desde dos diferentes frentes. Por una parte, la corrupción. Por otro lado, la mala coordinación. La consecuencia principal de estos problemas fue la interrupción que sufrió el proyecto por más de un

año. De esta forma, el SDD que debíamos entregar en junio de 2016, recién lo pudimos proporcionar en abril de 2018.

El alcalde de La Pintana que inicialmente apoyó la iniciativa no logró la reelección y en 2017 otra autoridad asumió el cargo. Si bien la nueva administración se comprometió a continuar con el proyecto, más tarde cambió de opinión [6].

### **g. Claves de éxito**

En un contexto adverso, caracterizado por la corrupción y el boicot, perseverar en nuestra visión ha sido fundamental. En este esfuerzo nos ha asistido el convencimiento de que nuestro trabajo puede ser una contribución muy significativa a la calidad de vida de las personas más vulnerables, aquellas más expuestas a la violencia con armas de fuego en los espacios públicos. A pesar de las limitaciones que pudo tener el prototipo que desarrollamos, tenemos la certeza de haber hecho un trabajo serio y haber entregado un SDD funcional.

### **h. Lecciones aprendidas y recomendaciones**

El incremento sostenido de la violencia con armas de fuego en Latinoamérica durante los últimos años sugiere que las estrategias y políticas públicas implementadas hasta ahora no han sido eficaces para resolver este problema. Los esfuerzos locales, nacionales, regionales e internacionales para afrontar dicha situación se centran en disuadir la demanda y limitar la oferta de armas de fuego legales mediante estrategias políticas, económicas y culturales. Los principales métodos para sacar de circulación las armas de fuego ilegales continúan siendo la entrega voluntaria y los decomisos en procedimientos policiales asociados al narcotráfico y otros delitos.

En un contexto donde más del 70% de los disparos en la vía pública no son denunciados a la policía ¿pueden las políticas públicas basadas en denuncias resolver el problema de la violencia urbana con armas de fuego? Dimensionar correctamente la magnitud y distribución territorial de este problema es fundamental para diseñar políticas públicas eficaces para controlarlo. Para dimensionar correctamente el problema se requiere más información que la disponible actualmente. Es en ese vacío donde la detección de disparos alcanza su mayor relevancia.

Es recomendable que la información producida por los SDD esté disponible simultáneamente para todas las instituciones de las fuerzas de orden y seguridad pública. Cada una de estas agencias usará y se beneficiará del sistema de manera diferente. La detección de disparos puede actuar como un catalizador entre estas fuerzas y producir sinergia contra la violencia urbana con armas de fuego. Para esto es fundamental una coordinación efectiva entre las diferentes agencias involucradas. Indudablemente, la falta de una coordinación interinstitucional como esa fue decisiva en el desarrollo de esta experiencia.

La detección de disparos no ha estado exenta de críticas. Los beneficios que produce se pueden desvanecer al ser comparados con sus costos de operación, especialmente en naciones con poco presupuesto para seguridad pública. En algunos países de la región esos elevados costos se han traducido en sistemas que después de un par de años de uso son abandonados por falta de recursos para continuar con su operación. Maximizar el impacto social que produce esta tecnología,

desarrollando sistemas que sean más económicos y que beneficien más directamente a los ciudadanos, puede abrir nuevas perspectivas para esta tecnología en Latinoamérica.

Uno de los aprendizajes más importantes fue comprobar que es factible desarrollar esta tecnología desde una perspectiva latinoamericana. Esto no sólo significa detección de disparos costo-efectiva, es decir con un desempeño comparable al de otras soluciones ya existentes en el mercado, pero a un costo significativamente menor. También significa una tecnología más apropiada para sectores con elevada densidad poblacional y capaz de ser camuflada para prevenir acciones vandálicas.

En el año 2019 fueron cometidos 23 homicidios en La Pintana, algunos de ellos a metros del *hot-spot* identificado por el sistema de detección de disparos. Los asesinatos alcanzaron un máximo histórico de 39 en el año 2020, que corresponde a una tasa de 20,6 homicidios por cada 100.000 habitantes. A pesar de los obstáculos que sufrió nuestro trabajo, estamos convencidos de que debemos seguir promoviendo el uso de esta tecnología en el país y la región.

### Referencias bibliográficas

- [1] Aguilar, J. (2018). Sistemas de detección de disparos: ¿Son eficaces para controlar la violencia con armas de fuego en América Latina? *URVIO Revista Latinoamericana de Estudios de Seguridad* (23), 128-141.  
DOI: <https://doi.org/10.17141/urvio.23.2018.3454>
- [2] Mares, D., Blackburn, E. (2021). Acoustic gunshot detection systems: a quasi-experimental evaluation in St. Louis, MO. *Journal of Experimental Criminology* (17), 193-215.  
DOI: <https://doi.org/10.1007/s11292-019-09405-x>
- [3] Aguilar, J. (2018). *Sistema de detección de disparos para el control de la violencia con armas de fuego en el espacio público*. Buenas Prácticas en Análisis Criminal en América Latina 2018. Fundación Paz Ciudadana. pp. 178-195. <https://bit.ly/3Bj8IAF>
- [4] Aguilar, J. (22-24 de octubre de 2018). *Sistema de detección de disparos para el control de la violencia con armas de fuego en el espacio público*. Presentación 9ª Conferencia Internacional de Análisis Delictual – Fundación Paz Ciudadana. <https://bit.ly/3C57t7N>
- [5] Park, S. (agosto 2019). Salvación GovTech. *AméricaEconomía*. <https://bit.ly/3DZp0Pf>
- [6] Oficio Ordinario 1001-T/408 de 2020 [Municipalidad de La Pintana]. Da cumplimiento a decisión de amparo C1775-20. 22 de julio de 2020. <https://bit.ly/3IgF0iw>