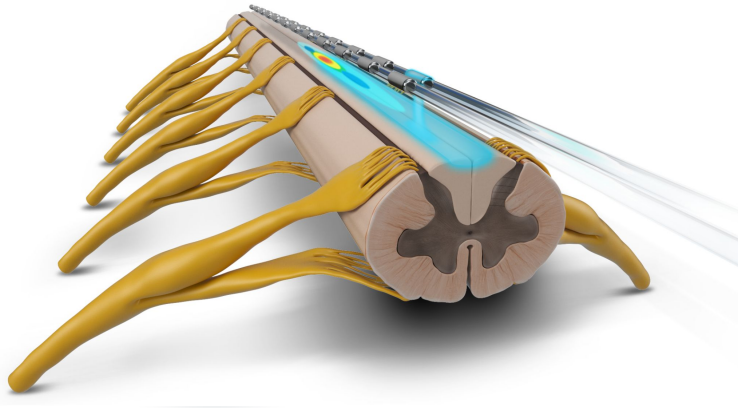


Terapias Neuroestimulación Medular

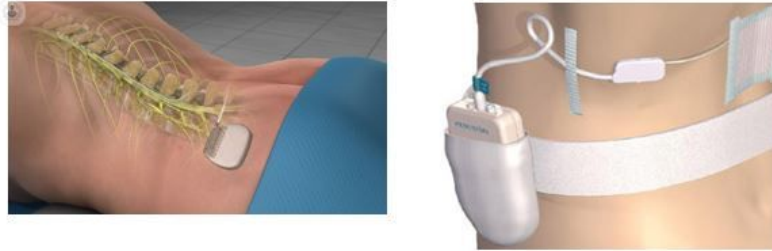
Novedades



Bruno Muiño

Complejo Hospitalario Universitario de Ferrol

- Las técnicas de neuroestimulación consisten en la generación de una corriente eléctrica a través de un electrodo implantado intracraneal epidural o subcutáneo.



- Interfieren en la señal dolorosa y alivian el dolor crónico refractario a terapias convencionales.

- Forma parte del cuarto escalón terapéutico de la escalera analgésica de la OMS

- Es una técnica reversible



Los principales mecanismos de alivio del dolor tras la estimulación de elementos neuronales del asta posterior son:

- Inhibición de neuronas de rango dinámico amplio (WDR)
- Activación de interneuronas inhibitorias GABAérgicas
- Activación de mecanismos supraespinales
- Supresión de la respuesta neuroinmune
- Supresión de fibras simpáticas eferentes
- Estimulación de la liberación periférica de proteínas vasodilatadoras

Habitualmente efectiva	Efectividad intermedia	Rara vez son efectivas	No son efectivas
Dolor neuropático en extremidades tras cirugía de columna cervical o lumbar	Cefalea-Migraña	Dolor central de origen no espinal	Sección medular completa
Síndrome de dolor regional complejo	Dolor post-amputación	Daño medular con afectación completa del asta posterior	Dolor nociceptivo no isquémico
Dolor neuropático secundario a lesión de nervio periférico	Dolor axial tras cirugía de columna	Dolor perineal, anorrectal	Avulsión de raíz nerviosa
Dolor por vasculopatía periférica	Neuralgia intercostal (post-toracotomía, post-herpética)		
Plexopatía braquial; traumática (parcial) post-irradiación	Dolor asociado a daño medular		
Angina refractaria			

La selección correcta de pacientes candidatos a estimulación medular (SCS) todavía es motivo de discusión

- Preferentemente en dolor crónico de tipo neuropático o vascular.
- Es deseable la integridad del S.N.C.
- Cobertura de la zona dolorosa con la parestesia
- Es más eficaz cuando el dolor es localizado y sobre todo axial (en MMSS y MMII)
- Se realiza periodo de prueba
- Es necesaria la colaboración del paciente y un estado psicológico apropiado
- Valoración individual de los pacientes pendientes de incapacidad o con neurosis de renta
- Valoración psicológica realizada por psicólogos o psiquiatras formados en el tratamiento del dolor



Appropriate referral and selection for Spinal Cord Stimulation in patients with chronic pain

Email:

Password:

Sign in

► [Create account](#) ► [Change password](#) ► [Forgot password](#)

Read the publications



e-Health tool development

Thomson S, Huygen F, Prangnell S, et al.
Eur J Pain 2020



e-Health tool validity

Thomson S, Huygen F, Prangnell S, et al.
Neuromodulation 2022



Role of psychosocial evaluation

Thomson S, Helsen N, Prangnell S, et al.
Eur J Pain 2022

Learn from patient cases



Experts demonstrate the e-health tool
using examples from real-life practice

Criterios de exclusión

- Inestabilidad psicológica
- Coagulopatías severas
- Historia abuso alcohol y drogas
- Fallos anteriores en neuroestimulación
- Cirugía pendiente
- Entorno familiar no adecuado
- Incapacidad comprender funcionamiento

Hacia dónde nos dirigimos

- Batería de larga duración o con recargas espaciadas
- Reducción de parestesias
- Terapias adaptables al paciente en cada momento
- Compatibilidad con RMN
- Tamaño reducido
- Conectividad y recogida de información
- Incorporación de nuevas tecnologías como la Inteligencia Artificial

Tipos de terapias disponibles

- Estimulación Tónica
- Estimulación de Alta Frecuencia
- Estimulación en Ráfagas
- Differential Target Multiplexed Spinal Cord Stimulation (DTM-SCS)
- Estimulación FAST
- Closed Loop

Estimulación Convencional de Frecuencia Baja (40-60 Hz)

Frecuencia : 2–1200 Hz (40-60-120 Hz)
Amplitud (intensidad) : 2–8 mA
Ancho de pulso (duración de cada impulso): 100–500 microseg (200 micros)

- Es la forma más antigua y común de neuroestimulación
- Emite impulsos eléctricos a una frecuencia baja (40-60 Hz)
- **Parestesia**
- Eficaz en el tratamiento de dolor neuropático, dolor de espalda crónico, y síndrome de cirugía fallida de espalda (FBSS)



Estimulación Convencional de Frecuencia Baja (40-60 Hz)

- Proporciona retroalimentación inmediata al paciente y al médico
- Es bien conocido y ampliamente utilizado, con un historial probado de efectividad
- Algunos pacientes encuentran incómoda la sensación de parestesia
- Algunos pacientes pueden desarrollar una tolerancia, reduciendo la efectividad de la terapia
- Mayor consumo de energía

Estimulación de Alta Frecuencia (10 kHz o más)

Frecuencia : 1-10 kHz
Amplitud: 1–5 mA
Ancho de pulso : 30microsegs

- No genera parestesia
- Funciona a una frecuencia mucho más alta que la convencional, (1-10 kHz)
- Mayor selectividad en la modulación del dolor
- La terapia puede cubrir eficazmente el dolor de espalda axial, que a menudo mejor que la EME tradicional



Estimulación de Alta Frecuencia (10 kHz o más)

- Menos retroalimentación inmediata para el paciente por la ausencia de parestesias
- Menor riesgo de habituación
- La tecnología puede ser más costosa y compleja
- Mayor demanda de energía, lo que podría implicar reemplazos más frecuentes

Estimulación en Ráfagas

- Entrega impulsos en breves ráfagas en lugar de una corriente continua
- Cinco picos de 1 mV a 500 Hz con ciclos inter de 40 Hz
- Busca imitar los patrones naturales de la actividad neuronal
- Modulación más compleja de la señal neuronal, potencialmente afectando diferentes tipos de fibras nerviosas

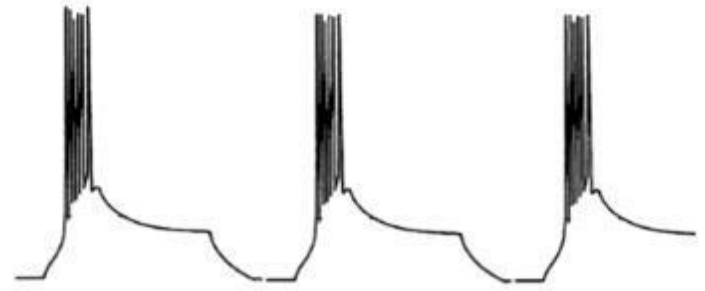
Frecuencia : .

Ráfagas de 5 pulsos entregados a 500 Hz, con un ancho de pulso de 1 milisegundo y una frecuencia inter-ráfaga de 40 Hz, seguido por un período de quietud.

Estimulación en Ráfagas

- Ofrece alivio del dolor sin parestesia
- Respuesta del paciente menos predecible
- Puede ser más efectiva en pacientes con dolor neuropático complicado
- Es una técnica relativamente nueva, por lo que hay menos estudios a largo plazo

Burst firing



FAST Therapy (Fast-Acting Sub-perception Therapy)

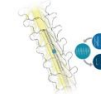
- Mecanismo de acción denominado "efecto de inhibición del entorno"
- Alivio del dolor profundo y libre de parestesias
- Menor consumo de energía
- Combina frecuencias bajas y altas



Algoritmos de Estimulación:
FAST - Contour e Illumina 3D



Combinación Simultánea



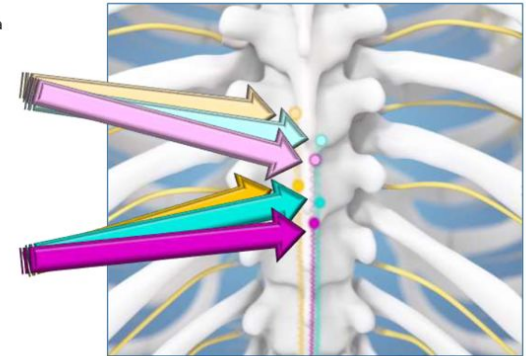
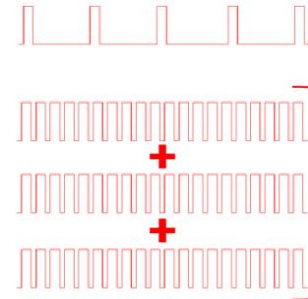
Automatización

Estimulación Diferencial Multiplexada por objetivos diferenciales de la Médula Espinal

Differential Target Multiplexed Spinal Cord Stimulation (DTM-SCS)

- Modulación del estímulo nociceptivo sobre las estructuras implicadas en la sensibilización central
- Busca un reequilibrio entre neuronas y células gliales sensibilizadas → alteración de la neuroinflamación y modulación en la expresión de proteínas
- Emplea impulsos eléctricos concurrentes que pueden diferir entre sí en frecuencia, amplitud, ancho de pulso y equilibrio de carga
- Mayor flexibilidad y versatilidad para lograr un alivio óptimo del dolor.

• **DIFFERENTIAL TARGET:** Más de una diana
• **MULTIPLYED:** Más de una señal

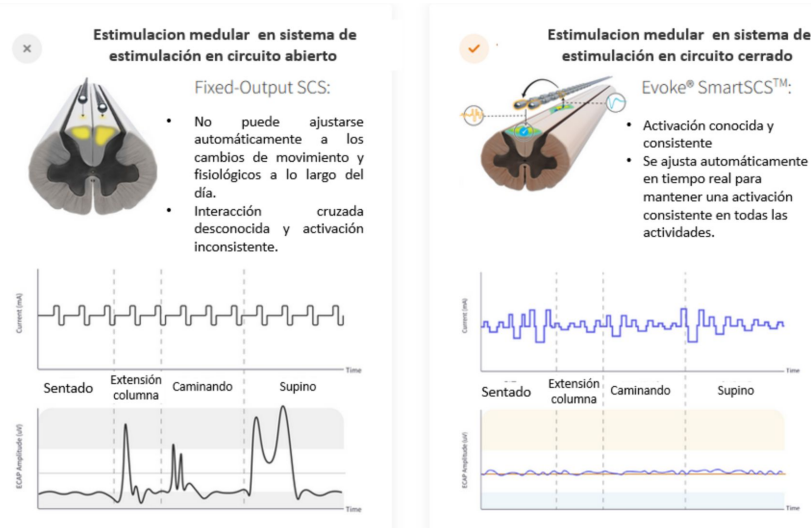


Estimulación de Campo Cerrado o Controlada (Closed-loop Stimulation)

- Ajusta la estimulación en tiempo real basado en la retroalimentación de las respuestas fisiológicas del cuerpo
- Utiliza **Potenciales de Acción Compuesto Evocados (ECAP)**, que son señales eléctricas generadas por los nervios en respuesta a un estímulo
- Monitorea continuamente las señales eléctricas en la médula espinal y ajusta automáticamente la intensidad de la estimulación para optimizar el control del dolor
- Está destinada a proporcionar una terapia más adaptativa y precisa, especialmente útil en pacientes con dolor fluctuante o con cambios en su condición

- Se logra un control del dolor más personalizado y efectivo, adaptándose a las necesidades del paciente en tiempo real
- Es una tecnología emergente

Figura 1. Diferencias entre sistemas de estimulación en circuito abierto y sistemas de estimulación en circuito cerrado



	Terapia	Batería	RMN
Medtronic Intellis	-Tónica Tradicional -Alta Frecuencia -Ráfagas -Estimulación Adaptativa (postural)	Recargable (recarga inteligente)	Compatible en cuerpo entero con 1,5
Medtronic Inceptiv	-Tónica Tradicional -Alta Frecuencia -Ráfagas -Multiplexada (DTM) -Closed	Recargable	Compatible en cuerpo entero con 1,5 y 3T
Boston Wavewriter Alpha	-Ráfagas -Tónica - Alta Frecuencia -FAST	Recargable/No recargable	Compatible en cuerpo entero con 1,5 T
Abbott Eterna	-Tónica -Burst DR	Recargable (Xtend, hasta 5 recargas por año)	Compatible en cuerpo entero 1,5 T Supino
Abbott Proclaim	-Tónica -Burst DR	NO recargable (10 años de duración)	Compatible en cuerpo entero 1,5 T supino
Nevro Omnia	-HF 10 -Tónica -Ráfagas 10k -Multiplexada (DTM)	Recargable (pila voltaje 0)	1.5 o 3.0T para cabeza y extremidades, y 1.5T para cuerpo completo
Saluda Medical Evoke	Closed Loop	Recargable	1.5 o 3.0T para cabeza y extremidades, y 1.5T para cuerpo completo

Medtronic Intellis

- Estimulación Tónica Tradicional
- Estimulación de Alta Frecuencia
- Estimulación en ráfagas
- Estimulación Adaptativa

Model Number	97725
Weight	71g (2.5oz)
Length	79mm (3.1in)
Width	74mm (2.9in)
Battery Type	Non-rechargeable
Thickness	20mm (0.8in)

- Miniaturización y Diseño Compacto
- Recarga Inteligente
- Capacidades Avanzadas de Telemetría



Medtronic Inceptiv

- Posibilidad de programar estimulación tónica
- Estimulación de alta energía
- Estimulación DTM™ (Differential Target Multiplexed)
- Closed Loop



Tecnología Adaptivestim

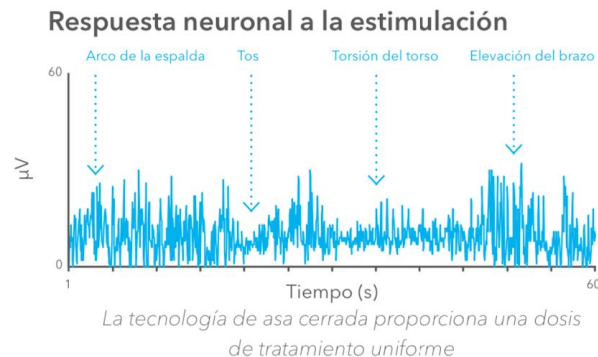
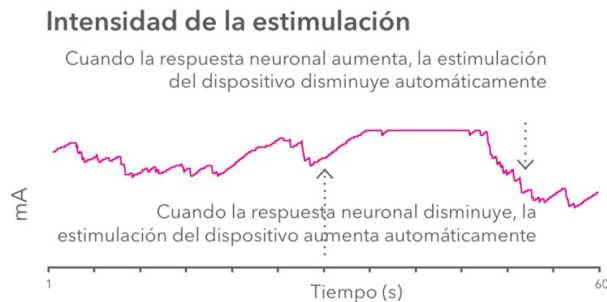
Sensor de movimiento que permite adaptar la estimulación en 7 posturas del paciente y al nivel de actividad.

- De pie o sentado erguido
- Decúbito supino
- Decúbito prono
- Decúbito lateral izquierdo
- Decúbito lateral derecho
- Deambulaci3n
- Reclinado

Capacidad de generar informes de datos objetivos 3tiles para evaluar la eficacia de la terapia.

Tecnología de bucle cerrado closed-loop NeuroSense (ECAPs):

- Potenciales evocados compuestos (ECAPs – del inglés Evoked Compound Action Potentials-)
- Sistema de bucle cerrado (Closed-loop) sensa la respuesta neuronal y ajusta automáticamente la estimulación
- Optimiza la terapia de estimulación



ECHO MAC Final Clinical Study Report V1.0 2021-08-18

Medtronic Stimulation RC Clinician A71400 Programmer Application Programming Guide for Neurostimulation Systems for pain therapy. 2022. M009826C001 Rev A



La ventaja de Inceptiv™ con la gama SureScan™

	Medtronic ^{9†}	Boston Scientific ^{10,11}	Nevro ¹²	Abbott ¹³	Saluda ¹⁴
Capacidad de exploración de electrodos de alta impedancia o fracturados	✓	×	×	×	×
Modo de funcionamiento normal de RM condicional de cuerpo entero de 1,5 T y 3 T	✓	×	×	×	×
Capacidad de exploración de dispositivo totalmente descargado	✓	×	×	×	×
Capacidad de exploración de paciente en decúbito prono, por ejemplo, RM mamaria	✓	✓	✓	×	✓

†En condiciones específicas. Para que se considere RM condicional de cuerpo entero, los electrodos deben conectarse directamente al INS.

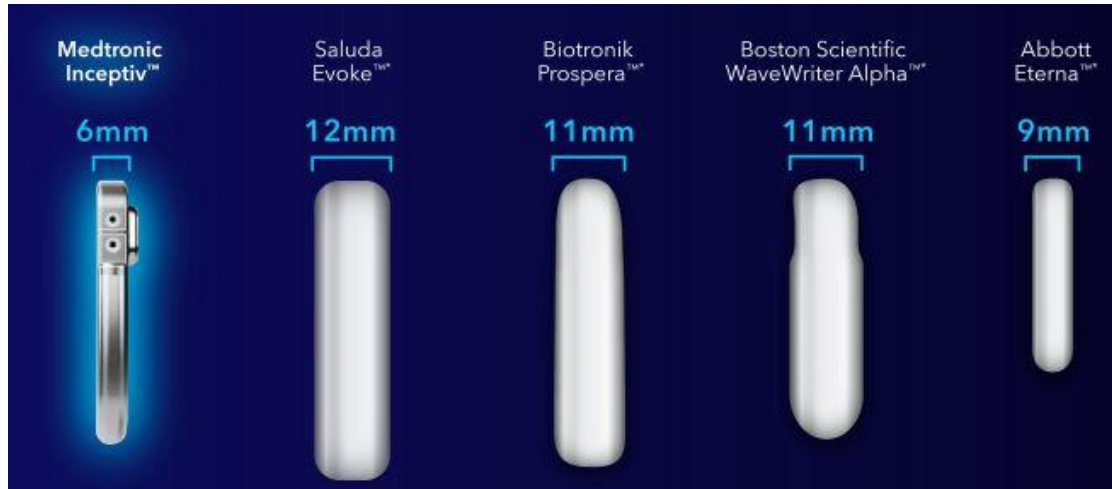


Consulte la ficha técnica del producto para conocer la lista completa de condiciones.

Todas las respuestas presuponen que se han cumplido otros requisitos de elegibilidad.

Los neuroestimuladores Inceptiv™ tienen la aprobación de la marca CE para resonancia magnética de 1,5T y de 3T de cuerpo entero

- Puede ser implantado por ambas caras del dispositivo y hasta 3 cm de profundidad, lo que reduce el riesgo de decúbitos.
- Sistema de corriente constante por lo que la estimulación no se ve afectada por el cambio en la resistencia o la impedancia en el sistema.
- El dispositivo almacena datos tanto del paciente como de la terapia



- Batería recargable de iones litio de 15 años de vida útil garantizados.
- El dispositivo es capaz de recargarse de vacío a completamente lleno en una hora.
- El efecto memoria de la batería es reducido (un 5%) por lo que la capacidad de la batería apenas se ve afectada por el uso.

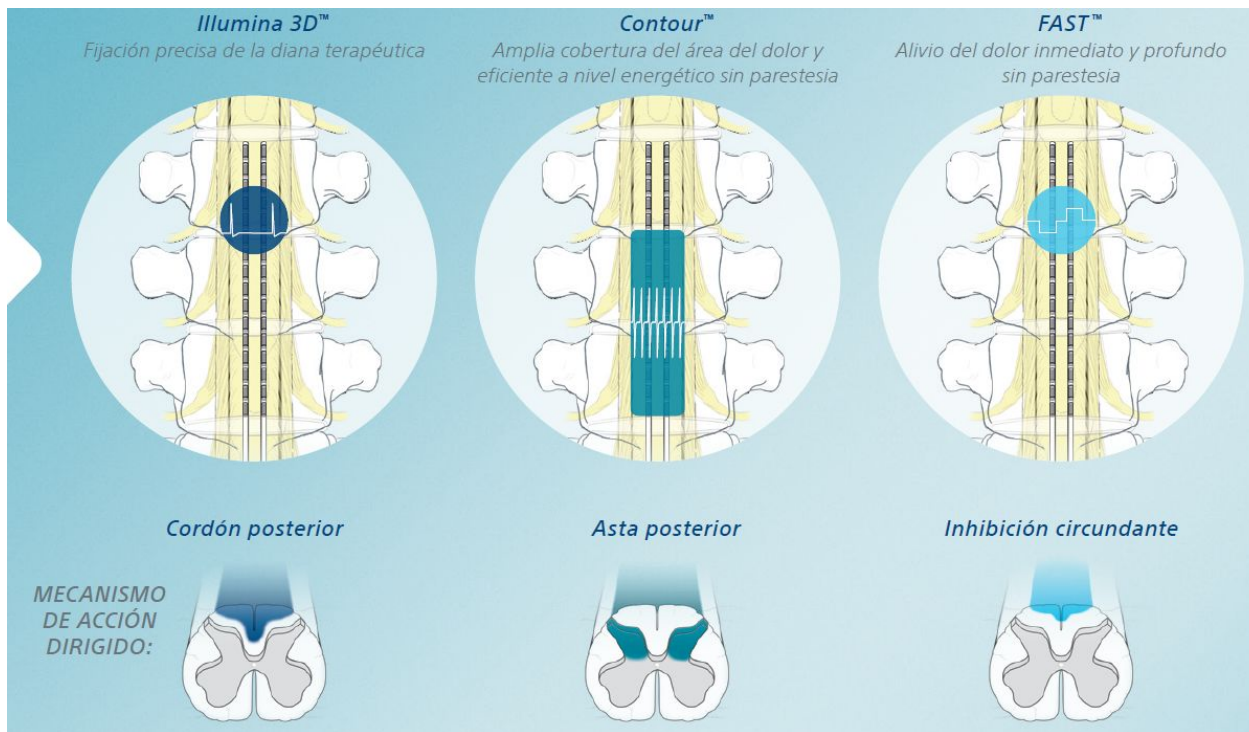
Boston Wavewriter alpha

FAST TM

- Induce una analgesia rápida y sostenida en pacientes con dolor crónico.
- La terapia FAST permite confirmar el alivio del dolor en una sola visita clínica.
- FAST evita la necesidad de la prolongada optimización de la programación requerida por las técnicas convencionales de sub-percepción.



Metzger, C. S., Hammond, M. B., Paz-Solis, J. F., Newton, W. J., Thomson, S. J., Pei, Y., ... Doan, Q. (2021). A novel fast-acting sub-perception spinal cord stimulation therapy enables rapid onset of analgesia in patients with chronic pain. *Expert Review of Medical Devices*, 18(3), 299–306.
<https://doi.org/10.1080/17434440.2021.1890580>



TERAPIAS COMBINADAS: MAYOR PROBABILIDAD DE ÉXITO

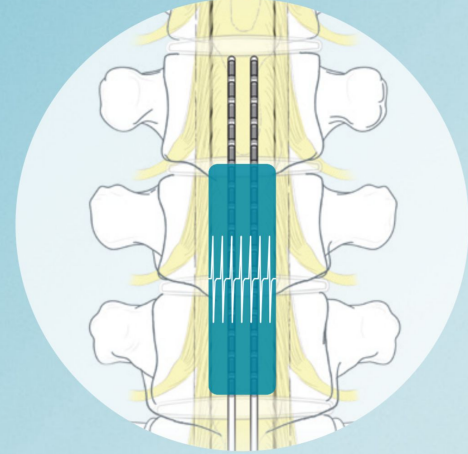
Wallace, M. S., North, J. M., Phillips, G. M., Calodney, A. K., Scowcroft, J. A., Popat-Lewis, B. U., ... Jain, R. (2023). Combination Therapy with Simultaneous Delivery of Spinal Cord Stimulation Modalities: COMBO Randomized Controlled Trial. *Pain Management*, 13(3), 171–184. <https://doi.org/10.2217/pmt-2022-0101>

Algoritmo Contour

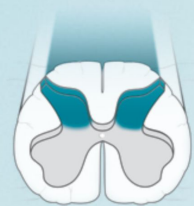
- El algoritmo Contour permite ajustar el campo de estimulación para cubrir las áreas específicas del dolor de forma más precisa.
- Distribución más eficaz de los impulsos eléctricos, lo que mejora el alivio del dolor en las zonas target sin afectar áreas innecesarias.
- Optimizada para usar menos energía
- Personalizada a cada paciente
- Diseñada para mitigar la pérdida de terapia provocada por la migración

Contour™

Amplia cobertura del área del dolor y eficiente a nivel energético sin parestesia

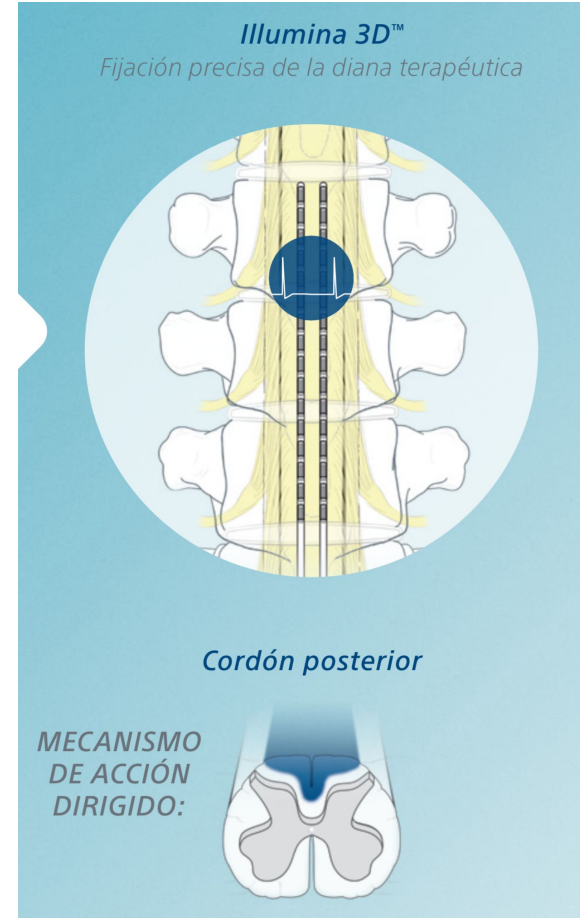


Asta posterior



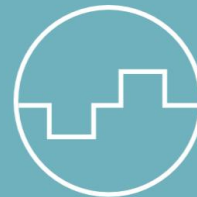
Illumina 3D™

- Modelo Tridimensional de la Anatomía
- Simulación de Configuraciones de Estimulación
- Facilita una planificación más precisa y efectiva de la terapia de estimulación de la médula espinal
- Mejora la capacidad del médico para personalizar el tratamiento según la anatomía y las necesidades específicas de cada paciente.



TERAPIAS AVANZADAS

Permite dirigir la terapia a varios mecanismos de acción de manera simultánea



Acceso a RM de cuerpo entero

Compatibilidad con los electrodos de Boston Scientific implantados previamente

1,5 T



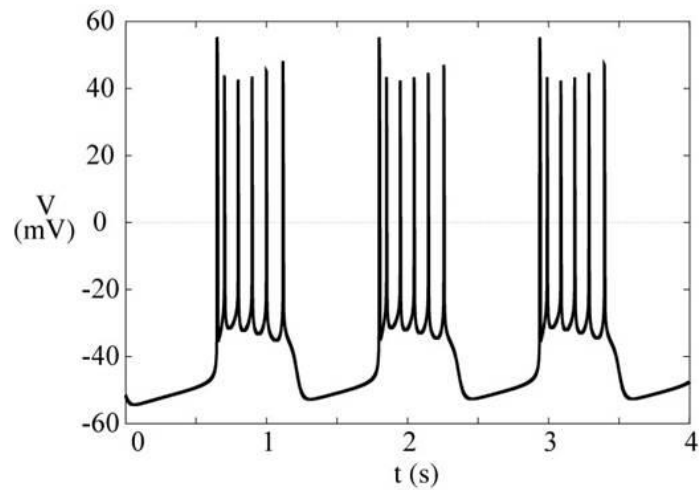
Conectividad Bluetooth®

Alcance ampliado y más opciones de conectividad



Abbot (Cardiva)

ESTIMULACIÓN BURSTDR™



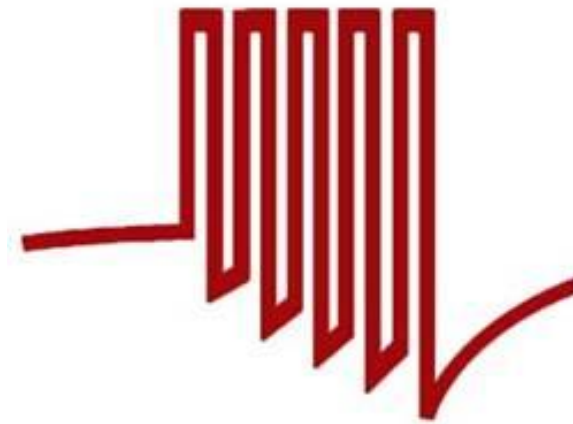
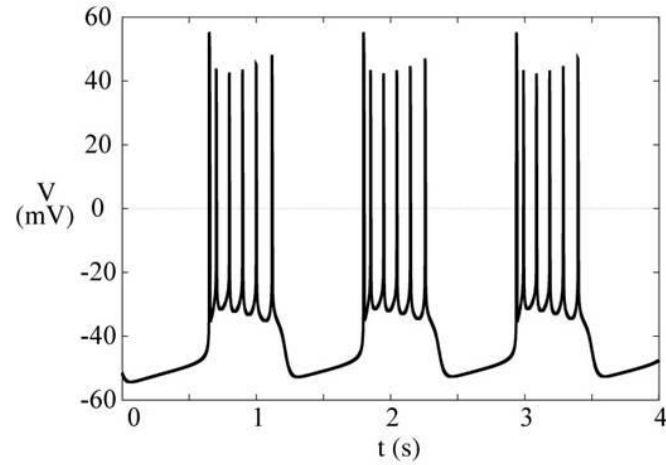
Eterna



Proclaim Xr



- Onda exclusiva patentada por el Dr De Ridder



37

“Forma de onda con acumulación creciente de la carga a lo largo de la ráfaga y con descarga pasiva”



Eterna

- Tamaño reducido
- **Recargable:** tecnología de energía Xtend™ reduce la frecuencia de carga a cinco veces por año convirtiéndolo en la plataforma con la menor carga de recarga en el mercado.
- Programación remota
- Estimulación BurstDR™
- Compatible con RNM 1,5 T
- Actualizable



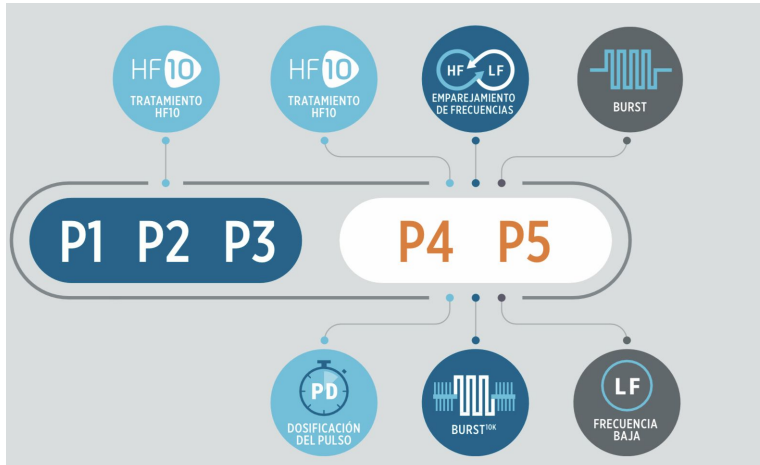
Proclaim

- **Sin recargas:** hasta 10 años de duración de la batería en configuraciones de baja dosis
- Compatibilidad con MR 1,5
- Duración extendida de la batería gracias a la estimulación BurstDR™ de baja energía .Aplicación de control para pacientes y Clínica Virtual NeuroSphere™
- Actualizable



Nevro Senza Omnia (Prim)

- Múltiples Terapias disponibles:
 - HF 10
 - Tónica
 - Burst 10k
 - Multiplexada
- Combina ondas en conjunto o por separado, pudiendo utilizar hasta cinco programas
- Actualizable a nuevas terapias u ondas futuras.



Mecanismos de acción:

1º Modulando el dolor crónico sin cubrir con parestesia la zona del dolor con la terapia HF10. Se trata por tanto de un sistema libre de parestesia e independiente de la misma.

2º Permitiendo la posibilidad de realizar las diferentes terapias existentes si fuera necesario (Estimulación Tónica, Ráfagas).

Inhibición neural directa

Reduce la actividad neural al dirigir las frecuencias superiores a 5kHz sobre el asta dorsal



Terapia
HF10®



Dosificación
del pulso



Ondas emparejadas

Fusión de la terapia HF10 con la estimulación de cordones posteriores para obtener dos mecanismos simultáneos de acción



Emparejamiento
de frecuencias



Burst^{10k™}



Estimulación de cordones posteriores

Silencia la actividad neural de forma indirecta actuando sobre las fibras de los cordones posteriores



Burst



Baja
Frecuencia

- El dispositivo OMNIA con terapia HF10 se ha mostrado eficaz en pacientes donde tratamientos previos con sistemas convencionales que habían fallado.

*Salvaging Failed Neuromodulation Implants with Nevro High Frequency Spinal Cord System, Paul Verrills (MBBS FAFMM MPainMed FIPP), Bruce Mitchell, ..., Melbourne Australia

- La GUIA NICE, revisó en un capítulo aparte la terapia HF10 al considerarlo diferente a las terapias existentes. Evaluando positivamente la utilización de esta terapia como tratamiento del Dolor.

<https://www.nice.org.uk/guidance/mtg41/resources/senza-spinal-cord-stimulation-system-for-delivering-hf10-therapy-to-treat-chronic-neuropathic-pain-pdf-64372050739141>

Proporciona **todas las frecuencias de EME**



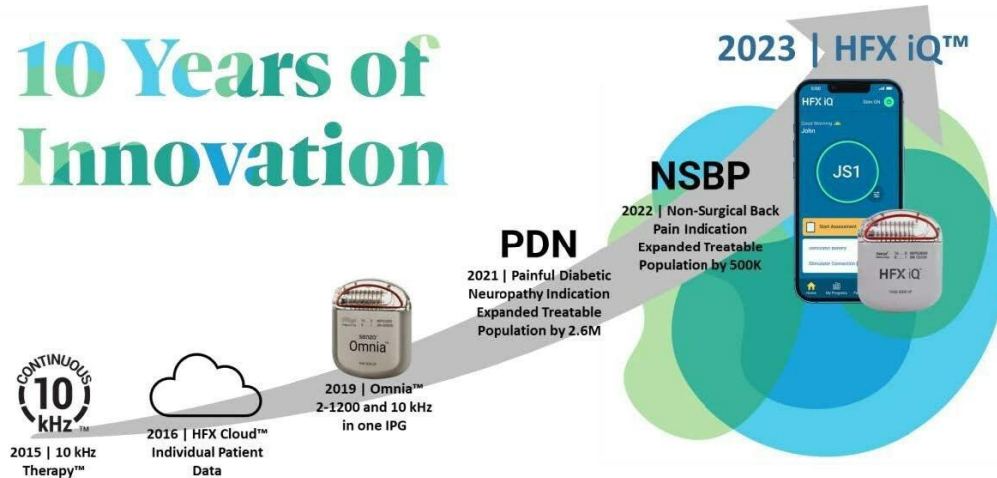
- Compatibilidad condicional full body con resonancia magnética de 1.5 y 3 T.
- Sistema de recarga rápida (Quickfill) y pila de voltaje cero.
- Vida útil de 10 años, no limitada.
- Compatibilidad con electrodos empleados hasta la fecha, de manera que no es necesario sustituir los electrodos, en los casos de pacientes que no estén respondiendo.
- Tamaño reducido .

La terapia HF10 es la única compatible con la conducción y el manejo de maquinaria pesada.***

Nevro HFX iQ (Prim)

- Utiliza inteligencia artificial para personalizar el tratamiento del dolor crónico, adaptándose a la respuesta de cada paciente
- El HFX iQ aprende de los pacientes y ajusta la terapia para optimizar y mantener el alivio del dolor a largo plazo
- Está diseñado para tratar el dolor de espalda y piernas crónico, incluyendo dolor no quirúrgico y neuropatía diabética dolorosa

10 Years of Innovation



- Recomendaciones personalizadas de terapia
- Compatible con RMN 1,5 T y 3 T (cabeza y extremidades)
- Duración de la batería 10 años
- Actualizable
- Disponible en EEUU, próximamente en Europa



Evoke Saluda Medical (MBA)

Tecnología Closed Loop:

- Ajustes automáticos y en tiempo real diseñados para ofrecer un tratamiento coherente
- Compensa las fluctuaciones en la distancia entre los electrodos epidurales y la médula espinal, manteniendo la respuesta neural (ECAP) en un nivel objetivo determinado.
- Mayor alivio del dolor en comparación con el lazo abierto
- Cerca de 9 de cada 10 pacientes experimentan un alivio del dolor a largo plazo



Mekhail N, Levy RM, Deer TR, et al. Long-term safety and efficacy of closed-loop spinal cord stimulation to treat chronic back and leg pain (Evoke): a double-blind, randomised, controlled trial. Lancet Neurol. 2020;19(2):123-134.

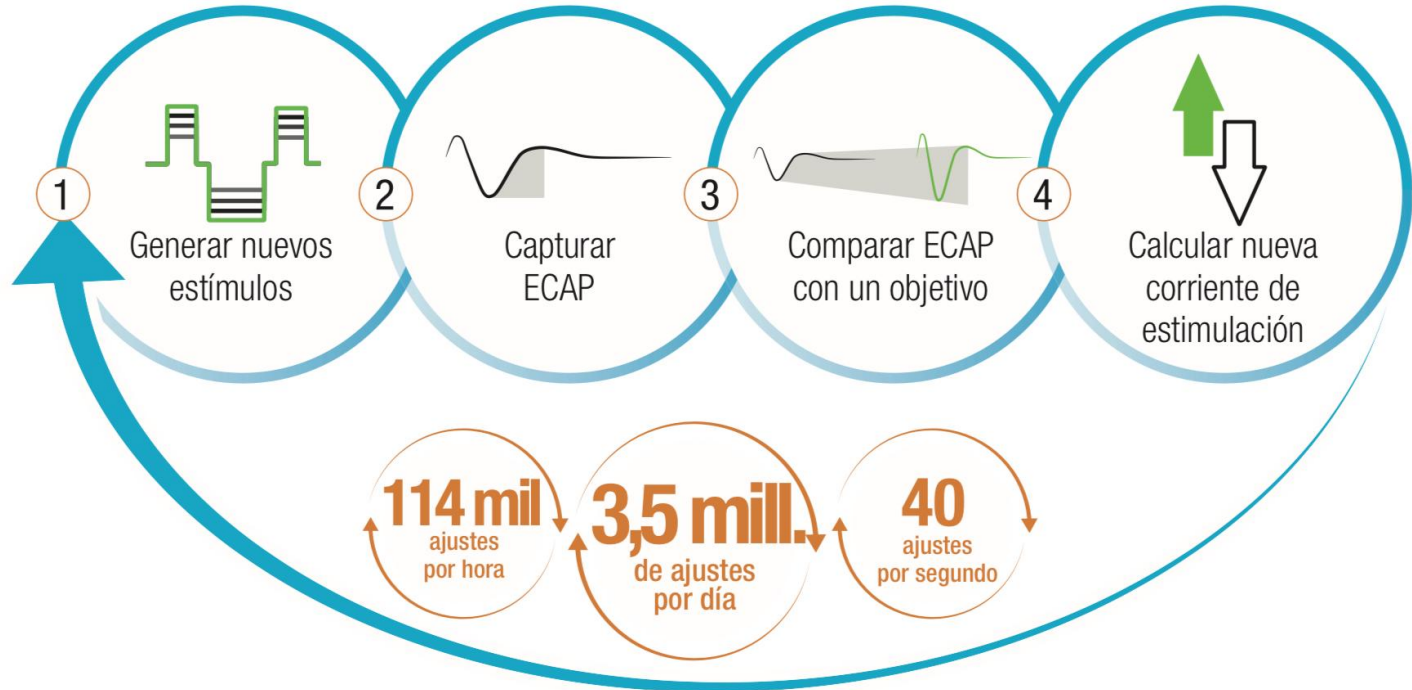
Mayor alivio del dolor a largo plazo demostrado¹

El alivio del dolor a largo plazo de Evoke® se ha demostrado en cerca del 90 % de los pacientes.^{1,2}

	≥ 50 % de pacientes con respuesta general al dolor de espalda y piernas	≥ 80 % de pacientes con respuesta general al dolor de espalda y piernas
Avalonstudy Australia (24 meses) ²	89,5 %	68,4 %
Evoke study EE. UU. (12 meses) ¹	89,1 %	61,8 % ²

En el estudio clínico estadounidense de exención de dispositivo de investigación, Evoke demostró un mayor alivio del dolor general de espalda y piernas a largo plazo en comparación con la estimulación de lazo abierto y estableció nuevos estándares para las mejoras funcionales, la calidad del sueño, la calidad de vida y la reducción de opioides.¹

Mekhail N, Levy RM, Deer TR, et al. Long-term safety and efficacy of closed-loop spinal cord stimulation to treat chronic back and leg pain (Evoke): a double-blind, randomised, controlled trial. Lancet Neurol. 2020;19(2):123-134.



- Recargable
- Compatible con RMN 1.5 o 3.0T para cabeza y extremidades, y 1.5T para cuerpo completo
- Mejoras superiores y duraderas en los resultados reportados por los pacientes en cuanto al dolor, sueño, discapacidad, función emocional y calidad de vida relacionada con la salud respuesta integral al tratamiento.
- Alivio del dolor sostenido y duradero, así como en una respuesta superior al tratamiento durante 36 meses.
- Se observó una mayor activación neuronal y una mayor precisión en la administración de la terapia con el CL-SCS controlado por ECAP en comparación con el OL-SCS.

Mekhail NA, Levy RM, Deer TR, Kapural L, Li S, Amirdelfan K, Pope JE, Hunter CW, Rosen SM, Costandi SJ, Falowski SM, Burgher AH, Gilmore CA, Qureshi FA, Staats PS, Scowcroft J, McJunkin T, Carlson J, Kim CK, Yang MI, Stauss T, Petersen EA, Hagedorn JM, Rauck R, Kallewaard JW, Baranidharan G, Taylor RS, Poree L, Brounstein D, Duarte RV, Gmel GE, Gorman R, Gould I, Hanson E, Karantonis DM, Khurram A, Leitner A, Mugan D, Obradovic M, Ouyang Z, Parker J, Single P, Soliday N; EVOKE Study Group. ECAP-controlled closed-loop versus open-loop SCS for the treatment of chronic pain: 36-month results of the EVOKE blinded randomized clinical trial. Reg Anesth Pain Med. 2024 May 7;49(5):346-354. doi: 10.1136/rapm-2023-104751. PMID: 37640452; PMCID: PMC11103285.

EVOKE[®]

powered by  SmartLoop.

✓ MRI Conditional
Labeling for 1.5T Full
Body and 3T Head &
Knee

✓ Rechargeable Battery



✓ 12-Contact Leads
spanning up to 4
vertebrae

✓ Wireless
communication

Hacia dónde nos dirigimos

- Batería de larga duración o con recargas espaciadas
- Reducción de parestesias
- Terapias adaptables al paciente en cada momento
- Compatibilidad con RMN
- Tamaño reducido
- Conectividad y recogida de información
- Incorporación de nuevas tecnologías como la Inteligencia Artificial

Bibliografía

- <https://www.neuromodulation.com/brief-history-neuromodulation>
- <https://dolopedia.com>
- ECHO MAC Final Clinical Study Report V1.0 2021-08-18
- Medtronic Stimulation RC Clinician A71400 Programmer Application Programming Guide for Neurostimulation Systems for pain therapy. 2022. M009826C001 Rev A
- DTM RCT: Fishman M, Cordner H, Justiz R, et al. Pain Pract. 2021 Nov;21(8):912-923.
- ImageReady™ MRI Full Body Guidelines for WaveWriter Alpha™ and WaveWriter Alpha™ Prime Spinal Cord Stimulator Systems. 92395577-02 MRI Guidelines for Medtronic Neurostimulation Systems for Chronic Pain. M939858A010 Rev C 1.5 Tesla and 3 Tesla Magnetic Resonance Imaging (MRI) Guidelines for the SENZA®, SENZA II® & SENZA Omnia™ Systems. 11096 Rev J MRI Procedure Information For Abbott Medical MR Conditional Neurostimulation Systems. ARTEN600090483 A
- Metzger, C. S., Hammond, M. B., Paz-Solis, J. F., Newton, W. J., Thomson, S. J., Pei, Y., ... Doan, Q. (2021). A novel fast-acting sub-perception spinal cord stimulation therapy enables rapid onset of analgesia in patients with chronic pain. *Expert Review of Medical Devices*, 18(3), 299–306. <https://doi.org/10.1080/17434440.2021.1890580>

- Wallace, M. S., North, J. M., Phillips, G. M., Calodney, A. K., Scowcroft, J. A., Popat-Lewis, B. U., ... Jain, R. (2023). Combination Therapy with Simultaneous Delivery of Spinal Cord Stimulation Modalities: COMBO Randomized Controlled Trial. *Pain Management*, 13(3), 171–184. <https://doi.org/10.2217/pmt-2022-0101>
- *Salvaging Failed Neuromodulation Implants with Nevro High Frequency Spinal Cord System, Paul Verrills (MBBS FAFMM MPainMed FIPP), Bruce Mitchell,...., Melbourne Australia
- <https://www.nice.org.uk/guidance/mtg41/resources/senza-spinal-cord-stimulation-system-for-delivering-hf10-therapy-to-treat-chronic-neuropathic-pain-pdf-64372050739141>
- Mekhail N, Levy RM, Deer TR, et al. Long-term safety and efficacy of closed-loop spinal cord stimulation to treat chronic back and leg pain (Evoke): a double-blind, randomised, controlled trial. *Lancet Neurol*. 2020;19(2):123-134.
- Mekhail NA, Levy RM, Deer TR, Kapural L, Li S, Amirdelfan K, Pope JE, Hunter CW, Rosen SM, Costandi SJ, Falowski SM, Burgher AH, Gilmore CA, Qureshi FA, Staats PS, Scowcroft J, McJunkin T, Carlson J, Kim CK, Yang MI, Stauss T, Petersen EA, Hagedorn JM, Rauck R, Kallewaard JW, Baranidharan G, Taylor RS, Poree L, Brounstein D, Duarte RV, Gmel GE, Gorman R, Gould I, Hanson E, Karantonis DM, Khurram A, Leitner A, Mugan D, Obradovic M, Ouyang Z, Parker J, Single P, Soliday N; EVOKE Study Group. ECAP-controlled closed-loop versus open-loop SCS for the treatment of chronic pain: 36-month results of the EVOKE blinded randomized clinical trial. *Reg Anesth Pain Med*. 2024 May 7;49(5):346-354. doi:10.1136/rapm-2023-104751. PMID: 37640452; PMCID: PMC11103285.

