

# AGORA ADVANCED GRID OBSERVATION RELIABLE ALGORITHMS

El principal objetivo del sistema AGORA (Advanced Grid Observation Reliable Algorithms: Algoritmos Fiables para la Observación Avanzada de la Red) es proveer asistencia, en los centros de control nacionales o regionales, a los operadores de una red de transmisión o distribución durante la operación normal del sistema o en condiciones perturbadas de la Red.

El desarrollo de sistemas automáticos de control en tiempo real y sistemas de soporte a la decisión en sistemas eléctricos de potencia requiere de la existencia de observación inteligente y monitorización en tiempo real de la red, así como de herramientas de análisis y simulación con un grado de seguridad y precisión no garantizados por los métodos tradicionales usados en la industria.

En 1992 AIA inició el desarrollo de un sistema de reposición de la red basado en el concepto de exploración de espacio de estados. AIA descartó la línea clásica que se estaba usando en sistemas similares: sistemas expertos basados en reglas, que había conseguido poco éxito. Los avances de AIA fueron posibles gracias al desarrollo de una innovadora resolución de las ecuaciones que modelan el problema del Reparto de Cargas "Load-Flow Problem". El algoritmo para resolver el problema del reparto de cargas es no iterativo, determinístico y sin equivocación en su respuesta, sin problemas de convergencia bajo toda condición de la red y capaz de calcular la red bajo situaciones próximas al colapso de tensión.

El sistema de Observación y monitorización AGORA resuelve tres problemas básicos:

- **Observación** del estado de la red, actualizada cada 30 segundos, resistente a la falta inicial o a la pérdida temporal de información y garantizando la coherencia eléctrica.
- **Simulación** de maniobras sobre la red bajo todo tipo de condiciones, incluidas las atípicas lejanas a las condiciones normales de operación tales como proximidad al colapso de tensión.
- **Reposición** de la red restaurando las condiciones normales de operación tanto bajo pequeños incidentes como bajo grandes disturbios, proporcionando para cada uno de ellos un plan optimizado de acciones o maniobras sobre la red, que respetan tanto las prioridades como las restricciones de operación

Para permitir alcanzar estos estrictos requerimientos, ha sido esencial el desarrollo de nuevas metodologías en el campo de Reparto de Cargas y Estimación de Estado con superiores propiedades de precisión en el cálculo y libres de cualquier problema de convergencia.

Una vez que GRUPO AIA estableció las nuevas metodologías, desarrollo un nuevo conjunto de algoritmos para tareas de operación y planificación. Éstos constituyen los diferentes módulos básicos de AGORA, así como algunos de sus productos opcionales.



GRUPO AIA

transformamos información en conocimiento

## FUNCIONALIDADES DE AGORA

El sistema AGORA es un *Sistema de Monitorización y Simulación en Tiempo Real* que proporciona a cualquier SCADA o EMS un nuevo conjunto de funcionalidades:

**Bajo condiciones normales de la red:** Una de las principales ventajas del sistema AGORA es el conjunto de funciones usadas para la gestión de la red en el día a día. Estas funciones tienen un doble impacto muy provechoso para el operador. Primero, le provee de una serie de herramientas de alta calidad basadas en las mismas ideas matemáticas utilizadas en el desarrollo del Load-Flow o Reparto de Cargas y del Estimador de Estado, con una calidad de convergencia única capaz de observar el sistema en circunstancias cercanas al colapso de tensión. Por otro lado, le permite un contacto continuado con el sistema, asegurando que en situaciones de disturbio, el sistema y su funcionamiento le sea totalmente familiar y fiable. La siguiente lista ilustra las funcionalidades existentes.

- **Observación del sistema.** Interfaz de Usuario específicamente diseñadas para ofrecen al operador una visión de las actuales condiciones del sistema, resultando en un complemento natural al MMI (Man Machine Interface; interfaz hombre-máquina) del SCADA. Es posible presentar tanto información procedente de campo, como información procedente del estimador de estado.
- **Herramientas de Análisis de Seguridad.** Están basadas en el potente algoritmo de Load-Flow desarrollado por el equipo de investigación de AIA. Permiten el estudio de las condiciones de la red y propuestas de cambios en sus parámetros, incluida la topología.
- **Herramientas de simulación on-line.** Permiten de una manera sencilla y amigable la realización de estudios on-line. En particular, análisis de contingencias, planes de defensa, planes de mantenimiento (descargos, licencias) así como otras estrategias de operación diseñadas por los operadores de la compañía.
- **Análisis de Contingencias.** Permite el análisis de las contingencias preparadas al efecto (automatizado cíclicamente o por un evento predefinido), configurable a todo nivel mediante una potente interfaz de Usuario que incorpora ayudas para la generación de las contingencias, simples (n-1) o múltiples, ligadas a los principales criterios de seguridad.

**Bajo Condiciones de Distorsión (fuera de límites) de la Red: AGORA** genera conjuntos de maniobras, sujetos a los diferentes criterios de priorización establecidos previamente por el operador, que permiten llevar la red a su situación de normalidad. AGORA aporta:

- **Información de límites.** Se presentan los elementos fuera de límites indicando la gravedad del desvío. Además se permite que el operador seleccione aquellas violaciones de límites que desea solucionar de la totalidad de violaciones existentes.
- **Conjuntos de maniobras alternativas.** El Sistema AGORA ofrece al operador diferentes secuencias de maniobras (multi-plan) en función de los diferentes criterios de optimización (número de maniobras, coste de la reposición y otros) que han sido configurados en AGORA.
- **Estados intermedios.** AGORA, al igual que en situación de incidente, verifica todos los estados intermedios de la secuencia propuesta garantizando que todos ellos son estados seguros y factibles.

**En situación de Incidente en la Red:** se generan Planes de reposición. Aquí radica la característica diferencial de AGORA que hasta la fecha no ha sido igualada en el mercado. Cuando una incidencia es detectada en la red, el sistema AGORA produce:

- **Información de alarmas.** Es un proceso de filtrado y de análisis de alarmas de campo que permite al sistema presentar al operador la información relevante para el proceso de reposición respecto a la disponibilidad de equipos así como permitir detectar situaciones de disturbio.

ENERGY  
KNOWLEDGE

Aplicaciones  
en Informática  
Avanzada s.a.

aia@ptv.es

**Barcelona**  
Artesans, 10  
Parc Tecnològic del Vallès  
08290 Cerdanyola, Barcelona  
Tel 34 93 504 49 00  
Fax 34 93 580 21 88

**Madrid**  
Príncipe de Vergara 57-50 Bajo C  
28006 Madrid  
Tel 34 91 562 23 04  
Fax 34 91 562 54 46

**California/USA**  
EleQuant, Inc  
575 Market Street, Suite 2025  
San Francisco, CA 94105  
Tel 415 978-9800  
Fax 415 978-9810



GRUPO AIA

transformamos información en conocimiento

- **Plan óptimo de reposición dinámica.** El Sistema AGORA ofrece al operador la secuencia óptima de operaciones (operación de interruptores, generación de activa o reactiva, cambios de tomas...) necesarias para la reposición de la red hasta su estado de normalidad. La secuencia propuesta es óptima, y consistente con los pesos seleccionados por el operador de red para representar las restricciones y prioridades del sistema. Si la situación cambia o la respuesta a actuaciones en la red no es la esperada, se aborta el actual plan de reposición y se genera uno nuevo a partir de la nueva situación.
- **Estados intermedios de reposición.** AGORA verifica todos los estados intermedios de reposición de la secuencia propuesta garantizando que todos ellos son estados seguros y factibles. Para ello es imprescindible la utilización de un algoritmo de Load-Flow rápido y seguro.
- **Entornos de Estudio o Revisión de la Solución.** Adicionalmente, el sistema permite analizar la solución óptima de los disturbios propuesta por el AGORA o el análisis de las estrategias alternativas sugeridas por los operadores. Ésta puede realizarse paso a paso o maniobra a maniobra.
- **Generación automática de informes.** AGORA también genera informes automáticamente. Estos informes pueden ser ordenados por tiempo o por eventos, y pueden ser personalizados para necesidades específicas (requerimientos reguladores, público general, etc.).

**Bajo un potente entorno Simulador Off-Line:** El potente entorno de simulación de AGORA, con el soporte básico del Load-Flow de AIA y un interfaz gráfico amigable, es capaz de emular el comportamiento del campo y sistema SCADA, permitiendo la simulación de cualquier condición de carga, generación y topología. Ha sido específicamente diseñado para el entrenamiento de operadores en el conocimiento del comportamiento de la red, así como para permitir de forma sencilla la definición y generación masiva de disturbios para evaluar y validar las estrategias de reposición. Tiene las siguientes funcionalidades:

- **Poderoso modo de estudio.** A través de la obtención de imágenes en tiempo real provenientes del estimador de estado, el sistema puede generar una base de datos histórica de casos de estudio para análisis off-line.
  - **Generación de Caso Base.** AGORA puede utilizar ficheros de entrada de datos para generar el caso base, con datos extraídos del entorno de tiempo real. La imagen transmitida al sistema AGORA contiene la topología actual, valores analógicos y el modelo de red. La topología y los valores pueden ser modificados.
  - **Cambios en la Topología.** La topología del caso base puede ser modificada según sea necesario usando los interruptores y seccionadores incluidos en el modelo de Red. Los cambios pueden ser realizados usando un entorno de edición tanto gráfico como textual.
  - **Modificación en la Carga y la Generación.** Tanto Carga como Generación pueden ser cambiados individual o globalmente. Para producir las incidencias de distorsión o disturbios en general, las cargas de activa y reactiva y la generación pueden ser escaladas por separado.
  - **Protección de Fallos.** El sistema tiene en cuenta el efecto de las protecciones en el caso de sobre-tensiones y sobrecargas.
- **Generación de incidencias y disturbios.** Cualquier cambio en la topología, carga o generación puede ser manualmente generado para la simulación de incidencias de cualquier tipo. Un lenguaje de alto nivel posibilita al usuario producir cambios topológicos así como la generación masiva de incidencias. Esta información es transmitida vía comandos para producir cualquier disturbio o colección de disturbios al sistema AGORA de tiempo real, en modalidad de pruebas y simulación. Los resultados son visualizados en un entorno gráfico.
- **Evaluación de la Reposición.** Tan pronto como el módulo de reposición de AGORA encuentra la manera de solucionar el disturbio, se envía el plan al entorno de simulación. La solución es entonces evaluada y almacenada para posteriores análisis. El criterio de evaluación se basa en una heurística similar a la usada durante la reposición. La misma heurística puede usarse para evaluar planes alternativos generados manualmente por el operador o planes de defensa normativos, entre otros.
- **Herramienta de Entrenamiento.** Una parte específica del sistema permite el entrenamiento del operador en el dominio del sistema especialmente en situaciones cercanas a sus límites.

ENERGY  
KNOWLEDGE

Aplicaciones  
en Informática  
Avanzada s.a.

aia@ptv.es

**Barcelona**  
Artesans, 10  
Parc Tecnològic del Vallès  
08290 Cerdanyola, Barcelona  
Tel 34 93 504 49 00  
Fax 34 93 580 21 88

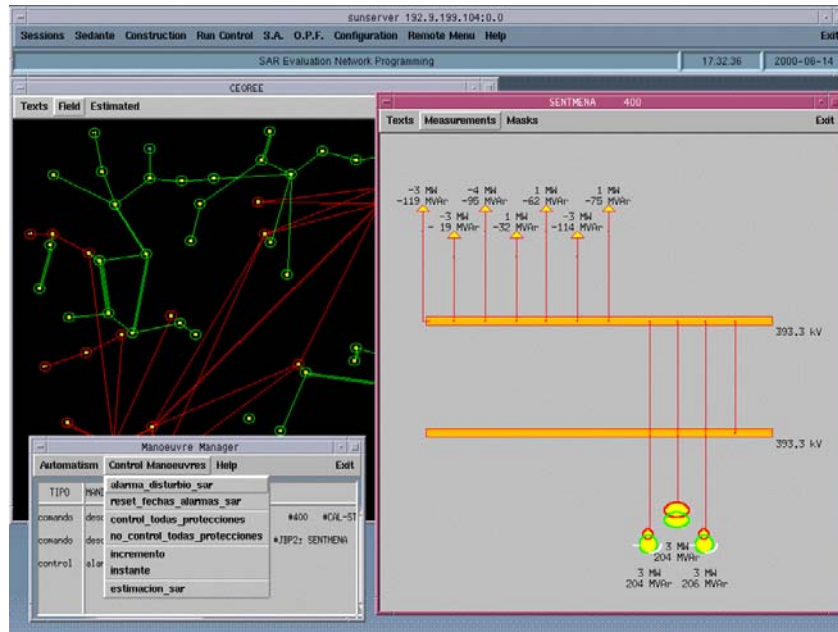
**Madrid**  
Príncipe de Vergara 57-50 Bajo C  
28006 Madrid  
Tel 34 91 562 23 04  
Fax 34 91 562 54 46

**California/USA**  
EleQuant, Inc  
575 Market Street, Suite 2025  
San Francisco, CA 94105  
Tel 415 978-9800  
Fax 415 978-9810



GRUPO AIA

transformamos información en conocimiento



## DIFERENCIACIÓN TECNOLÓGICA DE AGORA

### LOAD FLOW

La metodología básica de solución del problema del Load-Flow que emplean los restantes productos disponibles en el Mercado es un método iterativo de segundo orden (Newton-Raphson) que actualiza de manera aproximada la matriz Hessiana (Fast decoupled, FDNR) con el objeto de acelerar los cálculos.

Este extendido algoritmo es eficiente en tiempo, si se le aporta una situación inicial suficientemente cercana a la solución final del problema presentado. En cualquier caso, la convergencia del algoritmo no puede asegurarse, ya que el método no siempre es capaz de encontrar la solución física. Y lo que es peor, en algunos proporciona una solución incorrecta en relación a la red eléctrica, como pretendida solución física al problema presentado, aportándole al operador conclusiones equívocas para que éste tome decisiones en la operación de la red. Adicionalmente, en muchas situaciones se requiere la intervención manual de expertos con el objeto de modificar ligeramente el problema para hacerlo convergente. En consecuencia, esta metodología no es válida para los procesos de tiempo real y la toma de decisiones asociada y menos aún para ser integrada en sistemas automáticos de tiempo real.

La solución propuesta por AIA utiliza procedimientos radicalmente diferentes: La metodología de AIA: Es determinista, no iterativa y sin equivocación.

- No requiere de una solución inicial.
- Encuentra la solución física del problema planteado incluso cerca del colapso de tensión.
- Detecta si el problema presentado está fuera de los límites de la red (colapso de tensión)
- Aporta indicaciones sobre la estabilidad estática de las soluciones.

ENERGY  
KNOWLEDGE

Aplicaciones  
en Informática  
Avanzada s.a.

aia@ptv.es

**Barcelona**  
Artesans, 10  
Parc Tecnològic del Vallès  
08290 Cerdanyola, Barcelona  
Tel 34 93 504 49 00  
Fax 34 93 580 21 88

**Madrid**  
Príncipe de Vergara 57-50 Bajo C  
28006 Madrid  
Tel 34 91 562 23 04  
Fax 34 91 562 54 46

**California/USA**  
EleQuant, Inc  
575 Market Street, Suite 2025  
San Francisco, CA 94105  
Tel 415 978-9800  
Fax 415 978-9810



GRUPO AIA

transformamos información en conocimiento

La metodología está basada la teoría matemática de AGORA que garantiza la convergencia y la existencia de las soluciones.

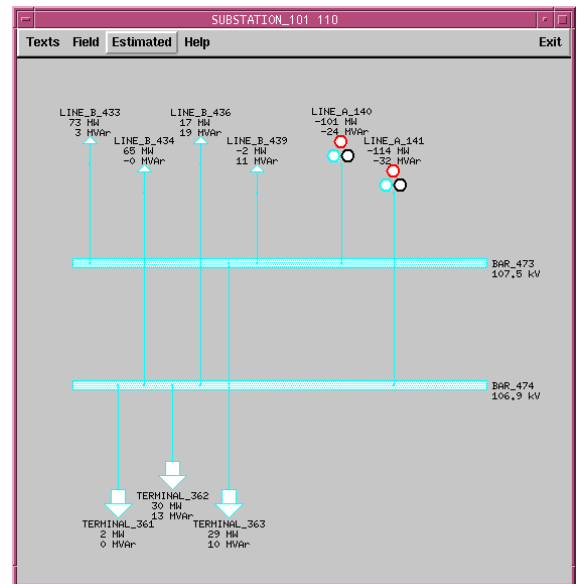
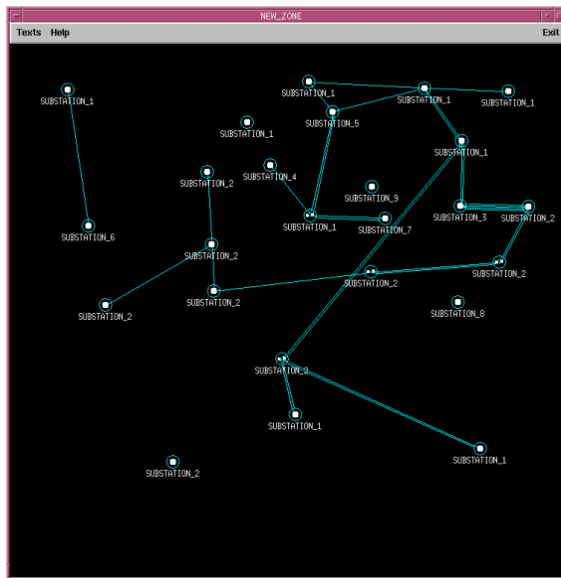
Aunque desde el punto de vista matemático la solución de AIA es de complejidad muy superior al FDNR, el método es muy eficiente en tiempo, ya que usa los últimos avances en representación y organización de matrices dispersas.

### ESTIMADOR DE ESTADO

La estimación del estado eléctrico basada en las medidas de campo, presenta problemas de convergencia y estabilidad, del mismo tipo que en el caso de flujo de carga. (Load-Flow) El algoritmo de estimación de estados desarrollado e integrado en AGORA extiende la metodología utilizada en el flujo de carga para la minimización de la función de error adecuadamente pesada por la calidad de las medidas observadas.

La metodología es robusta y está protegida de la existencia de largas regiones sin información, reconstruyendo adecuadamente de una forma coherente y plausible los valores para los cuales no hay información accesible, aunque las zonas de la red afectada estén en la definición de área a observar en el modelo de red. AGORA considera el Modelo completo y no requiere de estimaciones en varios pasos.

La nueva metodología de AIA hereda las características de eficiencia y corrección (alcanzando la solución física) del algoritmo de Load-Flow, permitiendo la estimación de redes de tamaño significativo en pocos segundos con un porcentaje de convergencia cercano al 100%.





GRUPO AIA

transformamos información en conocimiento

## RESUMEN

**AGORA aporta un potente, rápido y robusto Estimador de Estado y Reparto de Cargas (Loadflow) en tiempo real.**

Con ello permite disponer de un potente simulador on-line, así como de herramientas inteligentes de **soporte a los procesos de reposición de incidentes y resolución de violación de límites**. Además facilita el análisis de Flujo de potencia óptimo (OPF) en tiempo real y el análisis de Contingencias sobre la Red, entre otros.

En particular es posible la **identificación del colapso de tensión**: Generación Dinámica de curvas PQ Y PV la **reposición de incidentes por zonas y reposición jerárquica** de incidentes (coordinación entre diferentes centros de operación y/o Compañías).

**Facilita la validación** sólida del modelo de red y el control de Calidad de medidas de campo, gestionando bibliotecas de instantáneas exportables a formatos estándar (PTI, GE)

**Posibilita la incorporación de reglas o consideraciones de negocio de la Compañía**: en la generación de planes de maniobra sobre la red ante estados específicos de estabilidad dinámica (análisis de transitorios), arranque en negro (Black-Start) y otros.

**Presenta un entorno robusto para modelar la red y evaluar planes de reposición:**

- Potente simulador de campo / SCADA con envío en tiempo real de instantáneas permitiendo su edición gráfica (soporta cambios en carga, generación y topología)
- Potente simulador de disturbios masivos y validación de los planes de reposición de AGORA
- Potente herramienta para el entrenamiento de operadores en el comportamiento de la red y reposición
- Potente herramienta para los procedimientos regulados de verificación de seguridad y fiabilidad

**La solución AGORA requiere de escaso mantenimiento** en todos los niveles: Subestaciones, Nodos, Líneas e Interruptores

## IMPACTO EN EL NEGOCIO

**El impacto en el Negocio de la solución AGORA es tanto económico, como de reputación técnica.** A continuación se indican algunos ejemplos aislados:

- Al respecto de minimización de Pérdidas en la Operación. Según estudios de AIA para una Compañía que opere una Red modelada en unos 300 nodos, el **ahorro puede estar cercano al millón de Euros por año**.
- En situación de incidente, la reducción de tiempos es muy considerable. En un reciente estudio, la **duración de un apagón fue reducida desde 12 horas a 4 horas** (Benchmarking realizado por CAISO: SF CA – USA) con el Plan de Reposición del incidente sugerido por AGORA.
- Estudios basados en modelos predictivos de disturbios pueden llevar a ahorros de decenas de millones de dólares en períodos de 5 a 10 años.
- **Aumenta la seguridad de los procesos de Operación**, permitiendo el análisis en tiempo real de actuaciones no planificadas y evaluando el impacto de dichas actuaciones previamente y de forma ágil. Facilita un entorno más auditable y seguro.

ENERGY  
KNOWLEDGE

Aplicaciones  
en Informática  
Avanzada s.a.

aia@ptv.es

**Barcelona**  
Artesans, 10  
Parc Tecnològic del Vallès  
08290 Cerdanyola, Barcelona  
Tel 34 93 504 49 00  
Fax 34 93 580 21 88

**Madrid**  
Príncipe de Vergara 57-50 Bajo C  
28006 Madrid  
Tel 34 91 562 23 04  
Fax 34 91 562 54 46

**California/USA**  
EleQuant, Inc  
575 Market Street, Suite 2025  
San Francisco, CA 94105  
Tel 415 978-9800  
Fax 415 978-9810



GRUPO AIA

transformamos información en conocimiento

## COMPONENTES PRINCIPALES DEL SISTEMA

### **AGORA: Sistema de monitorización en Tiempo Real (componentes básicos):**

- Pre-procesadores y comunicaciones
- Topología de la red y conectividad
- Estimador de Estado
- Reparto de cargas
- Análisis de Contingencias
- Interfaz de usuario
- Alarmas / Disponibilidad de equipos (\*)

### **AGORA: Entorno de Simulación Off-Line**

### **AGORA: Monitorización en Tiempo Real y Sistema de Simulación (componentes independientes)**

- Módulo de identificación de disturbios
- Módulo de resolución de distorsiones
- Módulo de generación de informes
- Módulo de simulación On-Line

### **AGORA: Reposición en Tiempo Real y otros componentes (componentes interdependientes)**

- Reposición: generación de planes, por zona, black-start
- Módulo de revisión de planes de reposición
- Plan alternativo / Editor de planes de reposición
- Hot-Backup

### **AGORA: Opciones complementarias del sistema**

- Flujo de potencia óptimo (OPF)
- Registro histórico de instantáneas de la red
- Reposición jerárquica
- Previsión de demanda
- Generación de perfiles de curvas P-Q
- Exportación de instantáneas estimadas a formatos de GE y PTI (\*\*)

(\*) Único módulo de la Licencia Básica no suministrado en las instalaciones de EVALUACIÓN/TEST.

(\*\*) GE y PTI son marcas registradas (tm) correspondientes a General Electric y Power Technology Inc.

## INSTALACIÓN TÉCNICA

Otra de las características más importantes del sistema AGORA es su relativa facilidad de implementación en una nueva instalación. Las bases de datos existentes de los sistemas SCADA y EMS proporcionan toda la información necesaria para la base de datos del sistema AGORA.

Una vez el sistema se haya conectado en Tiempo Real, toda la información necesaria se obtiene del SCADA a través de un enlace entre ordenadores. Para ello han sido implementados diferentes protocolos para varios soportes físicos, incluido el ICCP.

Todas las pantallas de monitorización se generan automáticamente y son fácilmente re-definibles. La base de datos de alarmas se genera automáticamente a partir de la información procedente del SCADA una vez preparado el pre-procesador adecuado para ello.

El sistema AGORA está certificado sobre estaciones de trabajo RISC. Las actuales instalaciones soportan estaciones de trabajo IBM y SUN bajo sistema operativo UNIX. El sistema también puede ser accedido desde PCs o WSs en una red local mediante emulaciones de X-Windows en sistemas MS-Windows.

ENERGY  
KNOWLEDGE

Aplicaciones  
en Informática  
Avanzada s.a.

aia@ptv.es

**Barcelona**  
Artesans, 10  
Parc Tecnològic del Vallès  
08290 Cerdanyola, Barcelona  
Tel 34 93 504 49 00  
Fax 34 93 580 21 88

**Madrid**  
Príncipe de Vergara 57-50 Bajo C  
28006 Madrid  
Tel 34 91 562 23 04  
Fax 34 91 562 54 46

**California/USA**  
EleQuant, Inc  
575 Market Street, Suite 2025  
San Francisco, CA 94105  
Tel 415 978-9800  
Fax 415 978-9810