

## DOCUMENTACIÓN: CONFIGURACIÓN Y VALIDACIÓN DE VARIABLES DE ENTORNO

### DESCRIPCIÓN GENERAL

Este módulo es el sistema centralizado de configuración y validación de variables de entorno para toda la aplicación backend. Su función principal es cargar, validar y proveer acceso seguro a todas las configuraciones necesarias para el funcionamiento del sistema.

### FUNCIONALIDAD PRINCIPAL

El módulo se encarga de gestionar la carga jerárquica de archivos de entorno, validar que todas las variables requeridas estén presentes y cumplan con los formatos esperados, y exportar un objeto consolidado con todas las configuraciones validadas para su uso en toda la aplicación.

### CARGA JERÁRQUICA DE CONFIGURACIONES

El sistema implementa una estrategia de carga en dos etapas. Primero carga el archivo de entorno principal desde la raíz del proyecto con prioridad máxima, sobrescribiendo cualquier variable preexistente. Luego carga un archivo de entorno local si existe, pero sin sobrescribir variables ya definidas, permitiendo configuraciones específicas por entorno sin afectar las configuraciones base.

### SISTEMA DE VALIDACIÓN

Utiliza un esquema de validación robusto que define tipos de datos, valores permitidos, valores por defecto y reglas específicas para cada variable de entorno. La validación se ejecuta inmediatamente al cargar el módulo y detiene la aplicación si se encuentran errores, previniendo ejecuciones con configuraciones inválidas.

### CATEGORÍAS DE CONFIGURACIÓN

#### CONFIGURACIÓN DE ENTORNO Y SERVIDOR

Define el ambiente de ejecución, puerto del servidor y políticas de CORS para el control de acceso entre dominios.

#### AUTENTICACIÓN Y SEGURIDAD

Gestiona las claves JWT para autenticación propia, configuración de Google Identity Services para login externo, y listas blancas para control de acceso administrativo.

#### CONEXIONES MQTT

Configura los parámetros de conexión al broker MQTT incluyendo host, puerto, credenciales y tópicos a los que suscribirse para recibir datos de dispositivos IoT.

#### BASES DE DATOS

Contiene la configuración para múltiples sistemas de almacenamiento: MySQL/MariaDB para datos relacionales, InfluxDB para métricas de series de tiempo, y credenciales para Grafana como sistema de visualización.

## BACKUP Y RETENCIÓN

Define la programación automática de respaldos, período de retención de backups y rutas de almacenamiento para asegurar la recuperación de datos.

## SISTEMA DE NOTIFICACIONES

Configura los parámetros SMTP para envío de correos electrónicos y webhooks para integraciones externas con sistemas de mensajería.

## MONITOREO Y LOGGING

Establece niveles de registro, archivos de log, y configuración para métricas de rendimiento que permiten monitorear el estado de la aplicación.

## CONFIGURACIÓN DE PRODUCCIÓN

Incluye variables específicas para entornos productivos como dominio, certificados SSL y configuración de proxy reverso.

## VARIABLES DE DESARROLLO

Provee configuraciones opcionales para facilitar el desarrollo como usuarios predefinidos y modos de depuración.

## PROCESAMIENTO DE DATOS

El módulo incluye funciones de procesamiento para convertir cadenas de texto separadas por comas en arreglos utilizables, específicamente para listas de tópicos MQTT y listas blancas de usuarios. Esto permite una configuración más legible en los archivos de entorno.

## MANEJO DE ERRORES

Implementa una validación estricta que detiene inmediatamente la aplicación si se detectan variables faltantes o con formatos incorrectos, proporcionando mensajes de error descriptivos que facilitan la resolución de problemas de configuración.

## EXPORTACIÓN UNIFICADA

Todos los valores validados se consolidan en un objeto único exportado, proporcionando una interfaz limpia y tipada para que otros módulos de la aplicación accedan a las configuraciones sin necesidad de interactuar directamente con las variables de entorno del sistema.

