

Metodología de cálculo de los indicadores de la “Política de desarrollo integral de la automatización en Cuba”

Abril 2021

1. Introducción.

Con la aprobación de la “Política integral de la automatización en Cuba” se definieron un conjunto de indicadores de medida del desempeño de la misma con el objetivo de evaluar la efectividad del empleo de la automática y la proyección de estrategias en el mediano y largo plazo. Fueron definidos 10 indicadores agrupados en 5 grupos como se exponen a continuación:

Grupo 1: Tecnológico

Indicador de **Tecnologías de Automatización Instaladas. (ITAI)**

ITAI: Define el estado y el alcance tecnológico de las tecnologías de automatización instaladas.

Grupo 2: Disponibilidad

Indicador de **Disponibilidad de la Automática. (IDA)**

IDA: Define grado de efectividad de la automática en el proceso productivo.

Grupo 3: Inversiones

Indicador de **Inversiones dedicadas a la Automática. (IA)**

IA. Define el porcentaje de las **Inversiones** dedicado a la **Automatización**.

Grupo 4: Sostenibilidad

Indicador de la **Sostenibilidad de la Automática Instalada. (SAI)**

SAI. Define el porcentaje de los recursos asignados al mantenimiento dedicado a la automática instalada.

Grupo 5: Capital Humano

Indicadores de la gestión recursos humanos asociados a la automatización.

CGA. Define la **Cantidad de Graduados Anualmente** en el perfil de automatización.

DGA. Define la **Demanda de Graduados en Automatización** en el país en un año.

PAI. Define la **Plantilla dedicada a la Automática en la Industria.**

SFT. Define la satisfacción de la demanda de fuerza de trabajo calificada en la industria.

OPA. Define la **Ocupación de la Plantilla de Automatización existente.**

FFTA. Define la **Fluctuación de Fuerza de Trabajo calificada de Automática comparada con el año anterior.**

Como parte del proceso de implementación de la política se emite el presente documento con el objetivo de esclarecer el proceso de determinación de los indicadores antes expuestos, para ello se analizó como documentación primaria la Política de desarrollo industrial del MINDUS, así como las normas cubanas existentes y vinculadas a la automatización industrial como se aprecia el gráfico número 1.

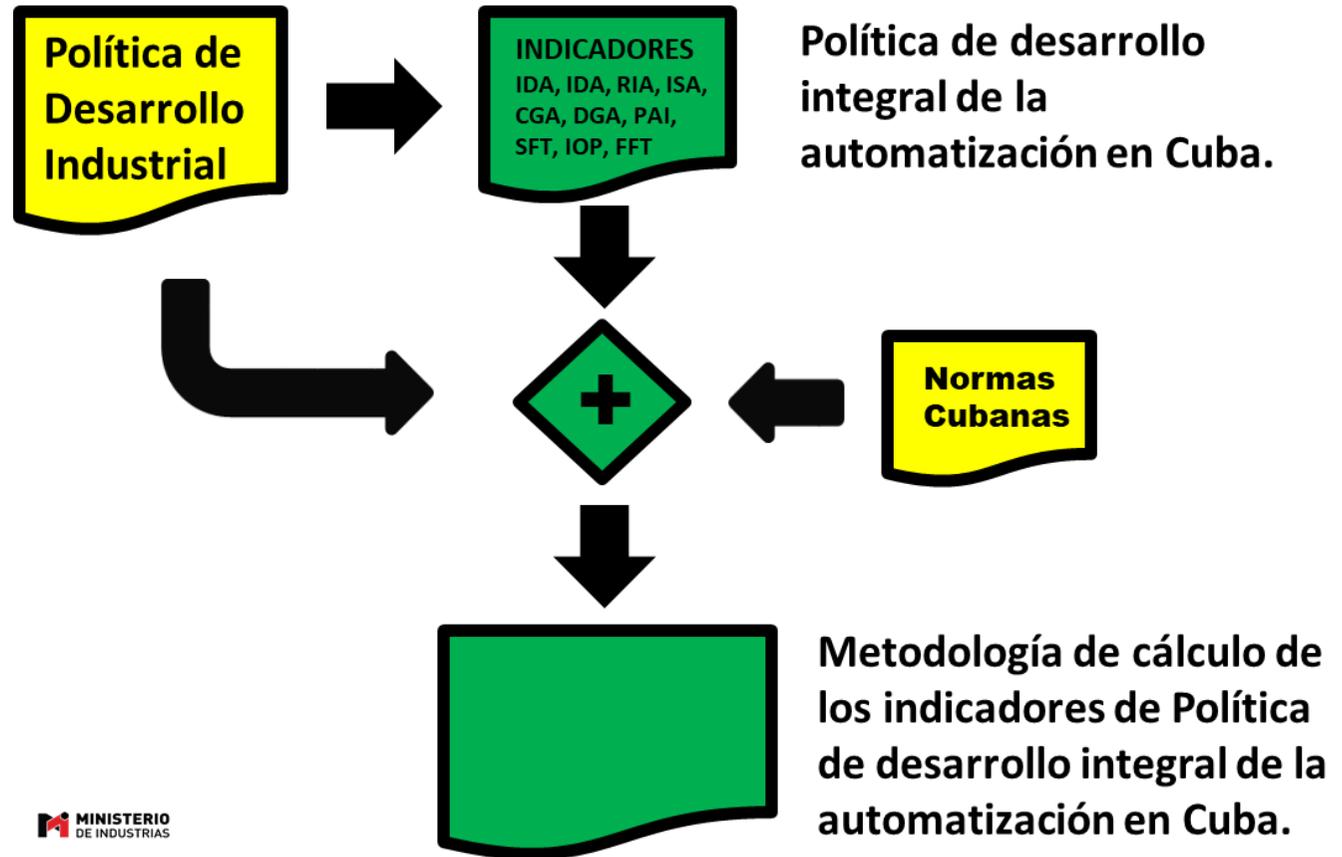


Gráfico 1. Conformación de la metodología

2. Indicador de tecnologías de automatización instaladas. (Grupo 1)

El indicador de tecnologías de automatización instaladas **ITAI** es uno de los indicadores más importantes, para el desarrollo de la automatización, el mismo se calcula para cada **línea tecnológica** existente, partimos del concepto de línea tecnológica como “la concatenación armónica de conocimiento y su expresión en equipamiento, materiales y procesos debidamente formalizados con el objetivo de la obtención de un producto o resultado esperado” , a partir de la evaluación de tres criterios básicos:

- a. Disponibilidad funcional de todos los elementos del nivel.
- b. Obsolescencia de la tecnología existente en el nivel.
- c. Porcentaje de cobertura de la tecnología instalada en el nivel de las acciones de control necesarias para el proceso que realiza.

La NC-ISO/IEC 2382-14: 2010, define la disponibilidad como “La habilidad de una unidad funcional para estar en un estado para realizar una función requerida bajo las condiciones dadas en un instante dado de tiempo o sobre un espacio de tiempo dado, asumiendo que los recursos externos requeridos son provistos”.

Previo al proceso evaluativo se debe de definir por la propia entidad el Nivel de Automatización Requerido o **NAR** por cada línea tecnológica, esta definición posee una naturaleza fundamentalmente económica a partir de la factibilidad o no de inversiones tecnológicas, en la misma influyen aspectos como: mercado, materias primas seguridad etc. Este valor sirve para determinar los niveles de gestión de la automatización al compararlo con el **ITAI**.

$$\text{ITAI} = (\text{TAI_real} / 100)$$

Donde:

TAI_real: Tecnologías de Automatización Industrial instaladas; este término se evalúa del siguiente modo:

$$\text{TAI_real} = \text{N1} + \text{N2} + \text{N3} + \text{N4} + \text{N5}$$

N1, N2, N3, N4 y N5 se evalúan de 0 a 20 puntos donde cada uno de estas variables de evaluación N está asociado a los niveles de jerarquización de la automatización según el modelo de “Pirámide de Automatización”. Ver figura 2.

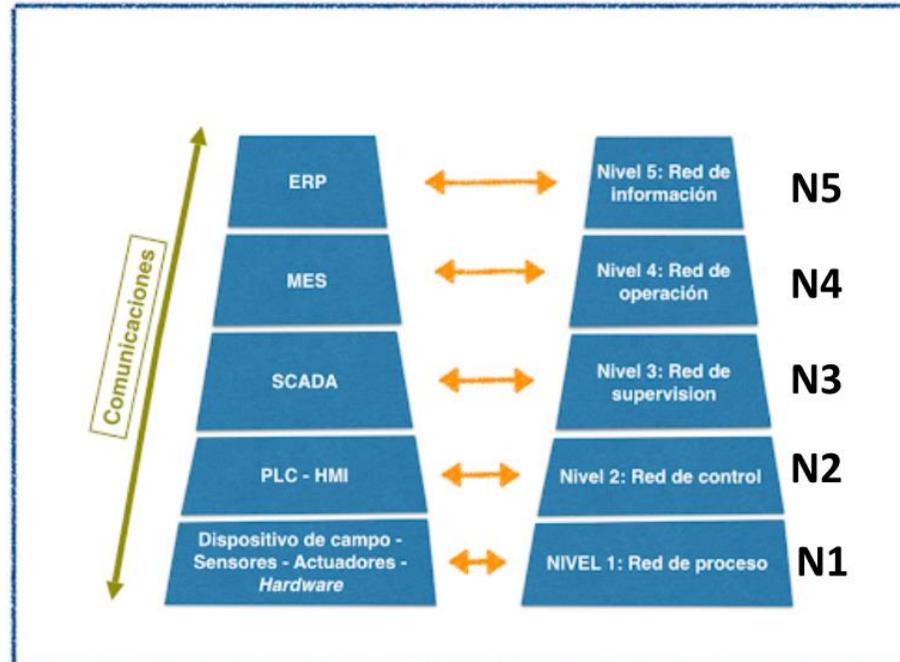


Figura 2. Pirámide de Automatización e coeficientes N del ITAI

2.2 Cálculo de los coeficientes N.

2.2.1 Cálculo de N1.

La variable N1 representa el estado de todos los dispositivos del nivel de proceso de la pirámide de automatización a partir de la evaluación de los tres criterios básicos como se muestra en la tabla 1. El máximo de 20 puntos corresponde a una industria en la cual existen, tienen adecuado estado del arte y funcionan todos los sensores, transmisores,

convertidores de señal, actuadores y demás equipos de campo binarios o analógicos, para convertir las variables físicas, medir, transmitir las señales del campo necesarias o útiles durante el proceso de producción.

	VALOR	CALCULO
Disponibilidad de todos los elementos del nivel.	10	$10 - ((\text{Total de elementos por diseño} - \text{Total de elementos disponibles}) / \text{Total de elementos por diseño}) * 10$
Obsolescencia de la tecnología existente en el nivel.	5	$((\text{Total de elementos por existentes} - \text{Total de elementos con más de 10 años de fabricados}) / \text{Total de elementos existentes}) * 5$
Porcentaje de cobertura de la tecnología instalada en el nivel de las acciones de control necesarias para el proceso que realiza.	5	$5 - ((\text{Total de elementos necesarios} - \text{Total de elementos existentes}) / \text{Total de elementos necesarios}) * 5$

Tabla 1

2.2.2 Cálculo de N2.

La variable N2 representa el estado de todos los dispositivos del nivel de control de la pirámide de automatización a partir de la evaluación de los tres criterios básicos. El máximo de 20 puntos corresponde a una industria en la cual existen, tienen adecuado estado del arte y funcionan todos los sistemas de control requeridos en el proceso de producción. Esto incluye los controladores tanto discretos como programables (PLC o DCS), reguladores compactos, variadores de velocidad u otros controladores existentes e interfaces hombre-máquina locales (pantallas táctiles) para el monitoreo en topologías de redes locales o sin ellas, de las condiciones de trabajo de la planta, el procesamiento de las señales del campo, detección de valores de alarma, estampado de tiempo de la señal,

implementación de los algoritmos de control lógico o analógicos y transmisión de la información necesaria al operador en la interfase que corresponda.

	VALOR	CALCULO
Disponibilidad de todos los elementos del nivel.	10	$10 - ((\text{Total de elementos por diseño} - \text{Total de elementos disponibles}) / \text{Total de elementos por diseño}) * 10$
Obsolescencia de la tecnología existente en el nivel.	5	$((\text{Total de elementos por existentes} - \text{Total de elementos con más de 10 años de fabricados}) / \text{Total de elementos existentes}) * 5$
Porcentaje de cobertura de la tecnología instalada en el nivel de las acciones de control necesarias para el proceso que realiza.	5	$5 - ((\text{Total de elementos necesarios} - \text{Total de elementos existentes}) / \text{Total de elementos necesarios}) * 5$

2.2.3 Cálculo de N3.

La variable N3 representa el estado de todos los dispositivos del nivel de supervisión y control de la pirámide de automatización a partir de la evaluación de los tres criterios básicos. El máximo de 20 puntos corresponde a una industria en la cual existen, tienen adecuado estado del arte y funcionan todos los medios de la sala de control implementados como SCADA o sistemas informativos de los DCS para la supervisión y control del proceso de producción. Esto incluye estaciones de operación, servidores de proceso, paneles de operación, softwares, conmutadores o Switch, equipos de las redes de comunicación, servidores históricos, estaciones de ingeniería o configuración, etc.

En los casos que la sala de control esté implementada con paneles de botones e interruptores y existan pizarras de señales lumínicas, se describirán las funciones de los mismos.

	VALOR	CALCULO
Disponibilidad de todos los elementos del nivel.	10	$10 - \left(\frac{\text{Total de elementos por diseño} - \text{Total de elementos disponibles}}{\text{Total de elementos por diseño}} \right) * 10$
Obsolescencia de la tecnología existente en el nivel.	5	$\left(\frac{\text{Total de elementos por existentes} - \text{Total de elementos con más de 10 años de fabricados}}{\text{Total de elementos existentes}} \right) * 5$
Porcentaje de cobertura de la tecnología instalada en el nivel de las acciones de control necesarias para el proceso que realiza.	5	$5 - \left(\frac{\text{Total de elementos necesarios} - \text{Total de elementos existentes}}{\text{Total de elementos necesarios}} \right) * 5$

2.2.4 Cálculo de N4.

Los niveles 4 y 5 forman parte de lo que se conoce como Informática Industrial, pues sus funciones normalmente se implementan en las redes corporativas.

La variable N4 representa el estado de todos los dispositivos del nivel de operación de la pirámide de automatización a partir de la evaluación de los tres criterios básicos. El máximo de 20 puntos corresponde a una industria en la cual existen, tienen adecuado estado del arte y funcionan todos los sistemas requeridos en el proceso de producción, para gestionar los flujos de trabajo posibilitando optimizar los procesos y productos.

Se gestiona información de todas las áreas para análisis del comportamiento del proceso productivo, optimización de los procesos, coordinación de área, control, organización de la producción y otras. Son sistemas de gestión de la información de procesos, que transforman los datos de producción de los SCADA o DCS en conocimiento del proceso productivo. En este nivel se integran los PIMS y los software o sistemas de ejecución de la producción (MES, del inglés Manufacturing Execution System).

	VALOR	CALCULO
Disponibilidad de todos los elementos del nivel.	10	$10 - \left(\frac{\text{Total de elementos por diseño} - \text{Total de elementos disponibles}}{\text{Total de elementos por diseño}} \right) * 10$
Obsolescencia de la tecnología existente en el nivel.	5	$\left(\frac{\text{Total de elementos por existentes} - \text{Total de elementos con más de 10 años de fabricados}}{\text{Total de elementos existentes}} \right) * 5$
Porcentaje de cobertura de la tecnología instalada en el nivel de las acciones de control necesarias para el proceso que realiza.	5	$5 - \left(\frac{\text{Total de elementos necesarios} - \text{Total de elementos existentes}}{\text{Total de elementos necesarios}} \right) * 5$

2.2.5 Cálculo de N5.

La variable N5 representa el estado de todos los dispositivos del nivel de información de la pirámide de automatización a partir de la evaluación de los tres criterios básicos. El máximo de 20 puntos corresponde a una industria en la cual existen, tienen adecuado estado del arte y funcionan todos los sistemas requeridos en el proceso de producción, para desarrollar las actividades relacionadas con el negocio, necesarias en una organización industrial, comunicando distintas unidades de producción y manteniendo relaciones con proveedores y clientes. Se establecen los planes de producción y la política de fabricación de una empresa, a partir de los pedidos de los clientes, los recursos, los costos y las tendencias del mercado. En este nivel suelen utilizarse los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP, del inglés *Enterprise Resource Planning*).

	VALOR	CALCULO
Disponibilidad de todos los elementos del nivel.	10	$10 - \left(\frac{\text{Total de elementos por diseño} - \text{Total de elementos disponibles}}{\text{Total de elementos por diseño}} \right) * 10$
Obsolescencia de la tecnología existente en el nivel.	5	$\left(\frac{\text{Total de elementos por existentes} - \text{Total de elementos con más de 10 años de fabricados}}{\text{Total de elementos existentes}} \right) * 5$
Porcentaje de cobertura de la tecnología instalada en el nivel de las acciones de control necesarias para el proceso que realiza.	5	$5 - \left(\frac{\text{Total de elementos necesarios} - \text{Total de elementos existentes}}{\text{Total de elementos necesarios}} \right) * 5$

3. Análisis de resultados.

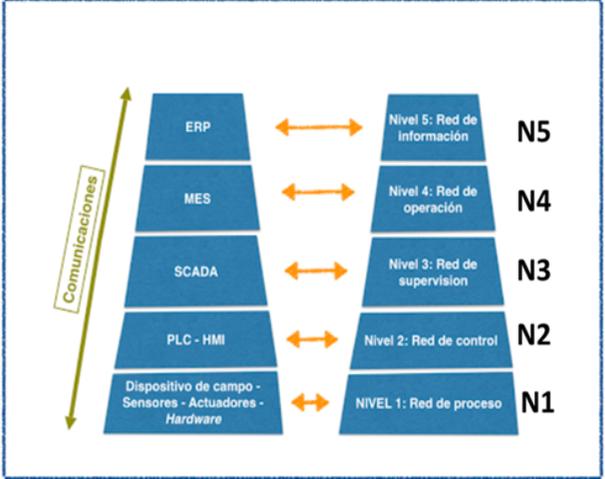
El valor obtenido de ITAI oscilará entre 0 y 1, con rangos definidos fundamentalmente por el nivel de automatización existente, como se muestra en la tabla.

Nivel N	Rango
1	0-0.2
2	0.2-0.4
3	0.4-0.6
4	0.6-0.8
5	0.8-1

Los valores obtenidos en condiciones normales deben de oscilar dentro de rangos esperados de cada nivel, del análisis de los mismos se desencadena la elaboración y ejecución de los planes de mejora continua de los procesos de la línea tecnológica. El análisis se complementa con un análisis del nivel automatización requerido a partir del plan de negocios o misiones de cada entidad, donde intervienen los criterios propios de la pertinencia económica o social del incremento de dichos niveles, a criterio del propietario o explotador de cada sistema.

4. Modelo para captar los datos e informar (SNIA-04)

Los datos para el cálculo del ITAI se captan por las fábricas a partir de sus líneas tecnológicas en el modelo SNIA-04. Es un libro en Excel, la primera hoja es para la Empresa o fábrica, las restantes los datos de las líneas tecnológicas. Las fórmulas para evaluar los criterios horizontales están incluidas, sólo es necesario introducir los datos. Las hojas restantes son para los inventarios de Activos por Nivel.

INDICADORES DE LA AUTOMÁTICA SEGÚN METODOLOGÍA DE CÁLCULO			FECHA:		SNIA-04	
OSDE		LINEA 1				
		LINEA2				
EMPRESA		LINEA3				
		LINEA4				
CANTIDAD DE LINEAS TECNOLOGICAS		Nivel necesario de automatización (según la pirámide de 1 a 5)				
			LINEA 1	LINEA2	LINEA3	LINEA4
			0.00	0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	0.00	0.00
			0.00	0.00	0.00	0.00
ITAI POR LINEA DE LA EMPRESA			0.00	0.00	0.00	0.00
IDA POR LINEA DE LA EMPRESA						
IA POR LINEA DE LA EMPRESA						
SAI POR LINEA DE LA EMPRESA						
PAI POR LINEA DE LA EMPRESA						
SFT POR LINEA DE LA EMPRESA						
OPA POR LINEA DE LA EMPRESA						
FFTA POR LINEA DE LA EMPRESA						
Realizado Por:			Cargo:		Firma:	
Aprobado Por:			Cargo:		Firma:	

Indicador de Tecnologías de Automatización Instaladas. (ITAI)							
RAMA				OSDE			
EMPRESA				LINEA TECNOLÓGICA			
N1	<p>La variable N1 representa el estado de todos los dispositivos del nivel de proceso de la pirámide de automatización a partir de la evaluación de los tres criterios básicos cómo se muestra en la tabla 1. El máximo de 20 puntos corresponde a una industria en la cual existen, tienen adecuado estado del arte y funcionan todos los sensores, trasmisores, convertidores de señal, actuadores y demás equipos de campo binarios o analógicos, para convertir las variables físicas, medir, transmitir las señales del campo necesarias o útiles durante el proceso de producción.</p>						
Total de instrumentos, actuadores y sensores instalados por proyecto		Total de elementos disponibles. (No falla, No avería)		Cantidad de dispositivos con más de diez años de fabricados.		Cantidad de elementos que es necesario adicionar al sistema para el control eficiente del proceso	
N1	0.00	=	0.00	+	0.00	+	0.00
N2	<p>La variable N2 representa el estado de todos los dispositivos del nivel de control de la pirámide de automatización a partir de la evaluación de los tres criterios básicos. El máximo de 20 puntos corresponde a una industria en la cual existen, tienen adecuado estado del arte y funcionan todos los sistemas de control requeridos en el proceso de producción. Esto incluye los controladores tanto discretos como programables (PLC o DCS), reguladores compactos, variadores de velocidad u otros controladores existentes e interfaces hombre-máquina locales (pantallas táctiles) para el monitoreo en topologías de redes locales o sin ellas, de las condiciones de trabajo de la planta, el procesamiento de las señales del campo, detección de valores de alarma, estampado de tiempo de la señal, implementación de los algoritmos de control lógico o analógicos y transmisión de la información necesaria al operador en la interfase que corresponda.</p>						
Total de elementos pertenecientes al nivel		Total de elementos disponibles. (No falla, No avería)		Cantidad de elementos con más de diez años de fabricados.		Cantidad de elementos que es necesario adicionar al sistema para el control eficiente del proceso	0
N2	0.00	=	0.00	+	0.00	+	0.00

N3	<p>La variable N3 representa el estado de todos los dispositivos del nivel de supervisión y control de la pirámide de automatización a partir de la evaluación de los tres criterios básicos. El máximo de 20 puntos corresponde a una industria en la cual existen, tienen adecuado estado del arte y funcionan todos los medios de la sala de control implementados como SCADA o sistemas informativos de los DCS para la supervisión y control del proceso de producción. Esto incluye estaciones de operación, servidores de proceso, paneles de operación, softwares, conmutadores o Switch, equipos de las redes de comunicación, servidores históricos, estaciones de ingeniería o configuración, etc. En los casos que la sala de control este implementada con paneles de botones e interruptores y existan pizarras de señales lumínicas, se describirán las funciones de los mismos.</p>						
Total de elementos pertenecientes al nivel		Total de elementos disponibles. (No falla, No avería)		Cantidad de elementos con más de diez años de fabricados.		Cantidad de elementos que es necesario adicionar al sistema para el control eficiente del	
N3	0.00	=	0.00	+	0.00	+	0.00
N4	<p>La variable N4 representa el estado de todos los dispositivos del nivel de operación de la pirámide de automatización a partir de la evaluación de los tres criterios básicos. El máximo de 20 puntos corresponde a una industria en la cual existen, tienen adecuado estado del arte y funcionan todos los sistemas requeridos en el proceso de producción, para gestionar los flujos de trabajo posibilitando optimizar los procesos y productos. Se gestiona información de todas las áreas para análisis del comportamiento del proceso productivo, optimización de los procesos, coordinación de área, control, organización de la producción y otras. Son sistemas de gestión de la información de procesos, que transforman los datos de producción de los SCADA o DCS en conocimiento del proceso productivo. En este nivel se integran los PIMS y los software o sistemas de ejecución de la producción (MES, del inglés Manufacturing Execution System).</p>						
Total de elementos pertenecientes al nivel		Total de elementos disponibles. (No falla, No avería)		Cantidad de elementos con más de diez años de fabricados.		Cantidad de elementos que es necesario adicionar al sistema para el control eficiente del	
N4	0.00	=	0.00	+	0.00	+	0.00

N5	La variable N5 representa el estado de todos los dispositivos del nivel de información de la pirámide de automatización a partir de la evaluación de los tres criterios básicos. El máximo de 20 puntos corresponde a una industria en la cual existen, tienen adecuado estado del arte y funcionan todos los sistemas requeridos en el proceso de producción, para desarrollar las actividades relacionadas con el negocio, necesarias en una organización industrial, comunicando distintas unidades de producción y manteniendo relaciones con proveedores y clientes. Se establecen los planes de producción y la política de fabricación de una empresa, a partir de los pedidos de los clientes, los recursos, los costos y las tendencias del mercado. En este nivel suelen utilizarse los sistemas de planificación de recursos empresariales (ERP, del inglés Enterprise Resource Planning).						
	Total de elementos pertenecientes al nivel	0	Total de elementos disponibles. (No falla, No avería)		Cantidad de elementos con más de diez años de fabricados.	0	Cantidad de elementos que es necesario adicionar al sistema para el control eficiente del
N5	0.00	=	0.00	+	0.00	+	0.00

INVENTARIO DE ACTIVOS INSTRUMENTACIÓN DE CAMPO. NIVEL 1.												
Item	Identificador	Nombre	Fabricante	Modelo	Descripción	Tipo	Rango de Medición	PID	Ubicación Funcional	Ubicación Física	Estado	Años de explotación
1												
2												
3												
4												
5												
6												
7												
8												
9												

INVENTARIO DE ACTIVOS CONTROLADORES Y SOFTWARES. NIVEL 2.										
Item	Identificador	Nombre	Fabricante	Modelo	Descripción	Existencia del software de programación	Existencia la licencia del software de programación	Tipo	Estado	Años de explotación
1										
2										
3										
4										
5										
6										

INVENTARIO DE ACTIVOS INTERFASES DE OPERACIÓN y SOFTWARES. NIVEL 3										
Item	Identificador	Nombre	Fabricante	Modelo	Descripción	Ubicación Funcional	Ubicación Física	Tipo	Estado	Años de explotación
1										
2										
3										
4										
5										
6										