Congr. Int. en Ing. Electrónica. Mem. ELECTRO, Vol. 40, pp. 44 - 49, Oct 2018, Chihuahua, Chih. México
http://electro.itchihuahua.edu.mx/memorias_electro/MemoriaElectro2018.zip
ISSN 1405-2172

"SISTEMA GENÉRICO PARA MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES DE PROCESO BASADO EN ARQUITAM"

Ortegón Sánchez Daniel Alberto, Acosta Cano de los Ríos José Eduardo
Instituto Tecnológico de Chihuahua
División de Estudios de Posgrado
Ave. Tecnológico No. 2909. CP. 31310, Chihuahua, Chih., MÉXICO
daniel.ortegon@emerson.com, jacosta@itchihuahua.edu.mx

RESUMEN.

Se plantea una solución a la problemática de integración del sistema informático con el equipo de prueba de procesos de fabricación ya que existe gran variedad de equipos de diferentes fabricantes y diferentes especificaciones de monitoreo y control. Lo anterior satisfaciendo los requerimientos de flexibilidad que demandan las condiciones actuales y cambiantes del mercado. Para ello, se plantea el desarrollo de una arquitectura de Referencia basada en ArquiTAM.
Palabras Clave: Arquitectura de Referencia, ArquiTAM, Acoplamiento Debil.

ABSTRACT.

In this work, a solution is stablished for the integration problem between computer system and the test equipment in manufacturing processes. Currently there are a great variety of equipment from different manufacturers and different monitoring and control specifications. The proposed solution meets the flexibility requirements demanded by current and changing market conditions. For this, the development of a Reference architecture based on ArquiTAM is proposed.
Keywords: Reference architecture, ArquiTAM, Low coupling.

1. INTRODUCCIÓN

Gracias al gran avance tecnológico que se tiene en la actualidad, existe una amplia variedad de máquinas y equipos de prueba, los cuales son utilizados para realizar pruebas al producto en un ambiente de producción discreta. Estos equipos muestran en la mayoría de los casos características únicas como señal de control, protocolo de comunicación o características propias de cada fabricante, las cuales los vuelve rígidos a los cambios de necesidades del cliente, lo que tiene como consecuencia que dichos equipos no puedan ser utilizados o reconfigurados de manera rápida a los cambios en los procesos de producción. En la literatura se plantean soluciones a dicha problemática; la introducción de sensores inteligentes [1] donde una característica es la reconfiguración de sí mismo para ser utilizados en otra aplicación, el internet de las cosas [2] es otra opción para monitorear y controlar equipos de prueba conectados a una base de datos y controlados desde un servidor. Existen muchas técnicas de reconfiguración de equipos de prueba como lo son los sistemas reconfigurables [3] de manufactura; los cuales son diseñados para cambiar su estructura de manera sencilla a cambios en las necesidades del proceso o los sistemas SCADA [4] (acrónimo de *supervisory control and data acquisition*) los cuales son realizados exclusivamente para monitoreo y control de sistemas de producción. Otra técnica muy utilizada es el OPC [5] (acrónimo de *Ole for process control*) para comunicarse con diversos dispositivos sin cambiar la estructura del sistema de control. Recientemente se introdujo el concepto de estaciones automatizadas de prueba [6] (conocidas en el mundo anglosajón por el acrónimo ATE), mediante las cuales se busca la adaptación a una gran cantidad de dispositivos para realizar mediciones a gran velocidad y de manera sencilla con base en la propiedad de reconfiguración rápida de la arquitectura requerida para realizar una prueba. Otra solución a la problemática es el uso de arquitecturas de referencia [7] [8], las cuales tienen por objetivo reutilizar y reconfigurar el hardware y software de una estación de prueba de una manera fácil y rápida para soportar los cambios diarios en las necesidades de los sistemas de producción.

De esta manera es posible afirmar el interés actual por el desarrollo de soluciones que conduzcan a sistemas genéricos, reutilizables y reconfigurables. En el presente trabajo de tesis se plantea una solución a nivel conceptual de un sistema genérico para ser usado en el monitoreo y control de las variables esenciales de un proceso de producción, que contribuya la fiabilidad a los resultados de las pruebas realizadas en las estaciones de trabajo en la línea de producción de medidores de flujo. Para lo anterior, se crea una arquitectura de referencia basada en ArquiTAM para crear el sistema genérico de monitoreo y control que sea fácil de reconfigurarse bajo el esquema de acoplamiento débil (si dos códigos están débilmente acoplados, los cambios realizados en uno de ellos tendrá poco o ningún efecto sobre el otro) con el fin de absorber y resolver los cambios diarios de las necesidades de las estaciones y también con el fin de reducir los costos generados por el diseño e implementación de sistemas automáticos de monitoreo y control. La solución planteada en la presente trabajo aporta las siguientes ventajas al sistema de producción de la empresa donde fue implementada:

- Sistema informático fácil de reconfigurarse a los cambios en las estaciones de prueba.
- Reducción de costos por desarrollo de sistemas automáticos de prueba.

2. ARQUITECTURA DE REFERENCIA ARQUITAM.

Como se planteó en sección anterior, en este trabajo se propone una solución basada en la arquitectura de referencia ArquiTAM para abordar el problema en la industria respecto a la flexibilidad del sistema informático de estaciones de prueba ante modificaciones requeridas en las estaciones debido a requerimientos de mejoras en el diseño, implementación y desarrollo de aplicaciones informáticas de control de producción mediante técnicas de ingeniería orientadas a la reusabilidad en combinación con abstracciones genéricas del piso de producción, estaciones de trabajo o estaciones de prueba. El término Arquitectura de Referencia es empleado para identificar el nivel conceptual de abstracción del dominio en particular, en este caso, el dominio de desarrollo, operación y actualización de estaciones de prueba. En cuanto a la flexibilidad requerida, es importante tomar en cuenta que el sistema informático de monitoreo y control de producción necesita tener comunicación con una amplia variedad de equipos e instrumentos en el piso de producción.

2.1. Arquitectura de solución propuesta.

En la Arquitectura de Referencia propuesta se establecen de manera abstracta los conceptos para el desarrollo del sistema informático, dicha abstracción de conceptos es realizada de forma genérica de manera que posteriormente soporte su implementación como modelo de referencia o *framework* y que a su vez, facilite la aplicación en casos particulares de estaciones de prueba. En la Figura 2.1 se observa la estructura de la Arquitectura de Referencia ArquiTAM donde este trabajo se ubica en el nivel de arquitectura de referencia, es decir, en la abstracción conceptual del sistema basado en las características genéricas que existen entre los sistemas implementados en la empresa donde se desarrolló la tesis.

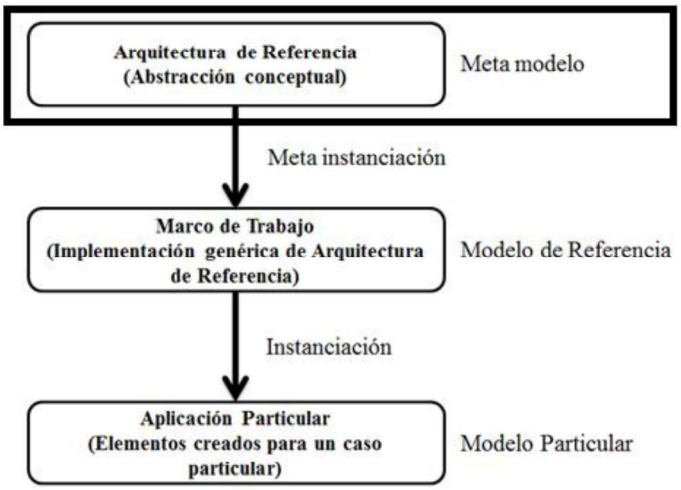


Figura 2.1. Nivel de arquitectura a desarrollar en este trabajo.

Además de la abstracción de características genéricas o comunes, se plantea una solución de interacción entre la lógica del sistema informático, la interfaz de usuario y los sensores/actuadores de los sistemas implementados en las estaciones de manufactura de tal manera que el sistema sea reconfigurable para su aplicación en distintas operaciones de prueba (estaciones de prueba) con base en el concepto de acoplamiento débil descrito para Arquitectura de Referencia en [7].

En la Figura 2.2 se muestra el esquema del sistema genérico de monitoreo y control donde los elementos desarrollados de manera conceptual en este trabajo son:

- Creación de clases de acuerdo a particularidades abstractas del sistema genérico.
- Abstracción y ejecución de lógica del sistema informático mediante modelo iMRP.

De acuerdo a la definición dada en el esquema de referencia ArquiTAM, el nivel de abstracción de características genéricas o comunes en el esquema de referencia corresponde al nivel identificado como arquitectura de referencia, el cual es el espacio donde se identifican los conceptos relevantes de las estaciones de manufactura seleccionadas, además, se establecen los requerimientos del sistema y se aportan soluciones dado el análisis de todas las soluciones existentes; dichas soluciones son descritas a nivel conceptual sin tomar en cuenta detalles de implementación (código) del sistema informático. El análisis de abstracción se realizó con base en el análisis y experimentación resultante del ejercicio de desarrollo, implementación y puesta en marcha, en la línea de producción de la empresa, de las siguientes estaciones de prueba:

- Estación de Prueba Hidrostática.
- Estación de Prueba de Diagnostico Eléctrico Inicial.
- Estación de Soldadura de la Caja.
- Estación de Prueba Neumática.

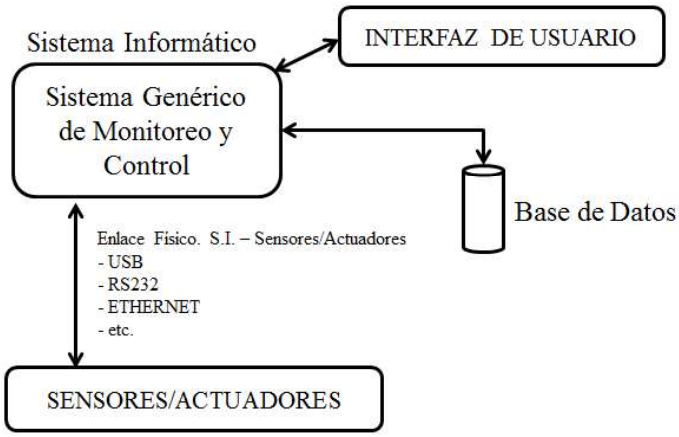


Figura 2.2. Esquema del sistema genérico de monitoreo y control.

El estudio de abstracción de características comunes derivó en que existen dos elementos u operaciones principales en los sistemas analizados, los cuales son:

- Medir (Sensores)
- Manipular (Actuadores)

Para llegar a la conclusión anterior se analizaron los sistemas implementados en las estaciones seleccionadas. Así mismo, se identificaron las características particulares y genéricas de los elementos (sensores/actuadores), las cuales fueron: tipo de señal analógica/digital, escala de voltaje de entrada/salida, límites inferior/superior de variable física, ecuación característica, medio físico de comunicación, unidades de medición y en el caso de los actuadores el valor deseado (*set point)* controlado por señal eléctrica analógica para lograr la variable física deseada. En la Tabla 2.1 se muestra la abstracción de características para las clases sensor y actuador.

Tabla 2.1. Características genéricas de los sistemas analizados.

Caract. genérica	Tipo de señal	Escala de voltaje	Límites de variable física	Ecuación característica	Medio físico	Unidades de medición o control	*Set point* o valor deseado
SENSOR	Analógica Digital	Genérico 0-5 Vdc	Especificada por usuario	Especificado por polinomio característico	DAQ USB	PSI Presión Ohms Pasa / No Pasa	NA para sensor
ACTUADOR	Analógica Digital	NA para actuador	NA para actuador	Especificado por polinomio característico	DAQ USB	Voltaje ON/OFF	Especificado por usuario mediante señal analógica

2.2. Creación de clases base de Sensor/Actuador en el sistema informático.

Para la codificación de los actuadores y sensores del sistema informático se propone el uso de clases (a nivel genérico) para la configuración del sistema informático de control conforme a las características específicas o particularidades de los mismos. Así, cada vez que se cree un sensor o actuador, el sistema informático (en tiempo de ejecución, mediante incorporación dinámica de código) crea instancias de las clases implementadas para el actuador o sensor especifico que presenta su configuración particular. Al momento de crear un sensor o un actuador, las características particulares configuradas se tendrían que guardar en un archivo con el fin de que el sistema informático pueda leer dichos archivos para crear y configurar a los objetos envoltura y a los objetos propulsores explicados en los siguientes párrafos.

Como se mencionó anteriormente, además de las clases sensor y actuador, también se tendrían que crear otras subclases para representar la operación del sistema informático de tal manera que para instanciar una clase sensor o actuador, se tendría que instanciar una clase para la operación que dicho actuador o sensor va a realizar dentro del sistema informático. A estas clases se les llaman objetos envoltura. Estas subclases son:

- Subclase Medición
- Subclase Operación
- Subclase Indicación

Cabe mencionar que para el enlace físico se tendría que configurar ciertos parámetros de comunicación con el fin de que los objetos envoltura generen a su vez una instancia de objeto propulsor (*driver*) el cual es el encargado de comunicarse con el equipo de prueba. Para el caso de utilizar USB DAQ se tendría que especificar el nombre de la tarjeta DAQ, así como pin de dicha tarjeta donde se va a conectar el sensor o actuador, lo anterior para interpretación del objeto envoltura al momento de instanciar las clases propulsores. Para el caso de utilizar RS232 se tendría que configurar todos los parámetros para establecer comunicación como el COM, bit de datos, etc. De la misma manera en el caso de *Ethernet* o cualquier otro tipo de enlace físico se tendrían que configurar los parámetros básicos de comunicación.

3. PROPUESTA DE ESQUEMA DE REFERENCIA PARA ESTACIONES DE PRUEBA.

Se propone una manera de integrar el sistema informático con el equipo de prueba de las estaciones seleccionadas con base en el esquema de referencia ArquiTAM. Se plantea el uso de un sistema genérico que realiza la función de lanzamiento de ordenes u operaciones a los respectivos equipos de acuerdo con el proceso a realizar por la estación de prueba. Tal sistema informático genérico consiste en lanzador de ordenes (Framework) que interpreta el modelo de particularidades iMRP siguiendo la metodología y la implementación mostrada en [7], Mediante la interpretación del modelo de particularidades el sistema se adapta a la estación de prueba en particular, genera instancias (modelo de referencia) de los objetos requeridos para el acoplamiento con el equipo físico de prueba de las estaciones de manufactura, generando de esta manera el modelo particular (dimensión virtual de la estación de prueba). El sistema informático (lanzador de ordenes) se integra con los elementos sensor y/o actuador utilizando la estructura de tres capas del concepto de acoplamiento débil (ArquiTAM), los cuales son: objeto representante (*proxy*), objeto envolvente y objeto propulsor (*driver*). Para el caso de estaciones de prueba, se identifican en esta tesis dos tipos de objetos representantes: sensor y actuador, son clases de objetos que por lo general se mantienen sin cambio entre una aplicación y otra (es decir, entre estaciones de prueba). El objeto envolvente es el que aporta la funcionalidad requerida por cada sensor o actuador especifico; el objeto propulsor es el que tiene la tarea de comunicarse con el equipo por medio del medio físico propio del sensor/actuador. Cabe mencionar que el sistema informático (lanzador de ordenes) se dirige a los objetos representantes sensor/actuador de una manera homogénea, es decir, no toma en cuenta características específicas de los sensores/actuadores, simplemente envía

comando genérico como operar(valor), o bien findeoperacion (resultado). Estos objetos representantes se comunican con el objeto envoltura, en donde se implementa la funcionalidad del elemento (sensor/actuador) es decir, despliegue, control, etc. Los objetos envoltura se comunican a su vez con el objeto propulsor que es el encargado de manejar el medio de comunicación especifico de cada sensor/actuador, así como la asignación de valores (dirección) del elemento real (sensor/actuador). En la Figura 4.1 se ilustra el proceso de integración del sistema lanzador de ordenes con el conjunto de sensores y actuadores de una estación de prueba hidrostática. El sistema informático (lanzador de ordenes) comunica la tarea a realizar transmitiendo un comando genérico para el sensor y el actuador (objetos representantes) y como parámetro del comando envía las rutas de ubicación de los archivos que contienen las características particulares y operación a realizar por cada objeto representante (ejemplo: Operar (c:/sensor1) y Operar (c:/actuador1)). Dicho archivo fue creado previamente en la etapa de configuración de la prueba. El objeto representante se encarga de manejar el protocolo requerido para su comunicación con el objeto envoltura. Así, tal protocolo resulta transparente al sistema informático. Los objetos envoltura (con su propia interfaz de usuario), al recibir el comando enviado por los objetos representantes, se encargan de generar los indicadores en la interfaz de usuario, controlan las operaciones de los mismos como obtención de resultados y además, manejan los objetos propulsores específicos para cada medio físico de comunicación (lo anterior, dado la configuración de características requeridas por el usuario) liberando de esta función a los objetos envoltura. De esta manera, los objetos propulsores resultan transparentes a los objetos representantes, por lo tanto, las características específicas o particulares de los sensores y/o actuadores resultan transparentes al sistema informático lanzador de órdenes.

Cabe mencionar que los objetos envoltura y objetos propulsor operan en la misma plataforma de computación, por lo que resulta apropiado para la incorporación de código en tiempo de ejecución, así como para establecer comunicación entre ellos. Para la abstracción de las particularidades del sistema con respecto a la estación específica de prueba de producción se propone el uso de la técnica de abstracción de particularidades iMRP propuesta en [7] ya que es una metodología utilizada y previamente validada para abstraer las particularidades específicas de cada caso en particular.

4. VALIDACION DEL ESQUEMA PROPUESTO.

En la Figura 4.1 se muestran los elementos que intervienen en la operación de la estación de prueba identificada como prueba hidrostática.

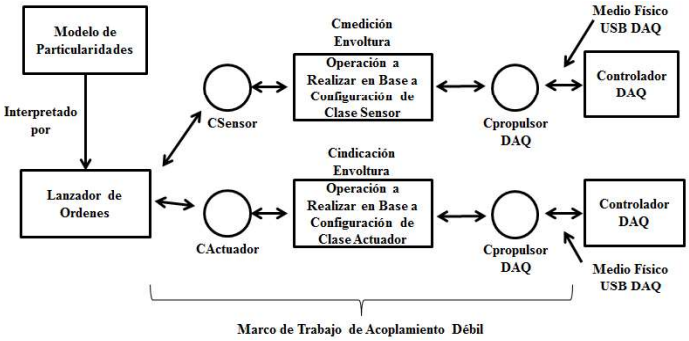


Figura 4.1. Abstracción de los elementos del sistema.

La operación de la estación consiste en que el operador coloca una pieza en la fixtura de la estación de prueba donde la pieza es sujetada al sistema por medio de un pistón el cual está controlado por una válvula manual que el operador acciona de manera gradual para lograr la presión de sujeción especificada para cada modelo. Esta prueba es de vital importancia ya que en esta estación se ejerce una presión de agua a la pieza con el fin de validar la soldadura manual del proceso anterior con el fin de evitar que exista un tipo de fuga por la zona donde fue desarrollada dicha soldadura. La presión de sujeción es monitoreada por un sensor cuya señal de salida es analógica en un rango de 0 a 5 vdc proporcional a la variable física, siendo este monitoreado por el sistema informático por medio de una tarjeta de adquisición de datos USB DAQ. El valor de la presión se muestra en un indicador tipo cilindro que muestra el nivel de presión sensado por el dispositivo dada la conversión por medio de la ecuación característica del sensor. Cuando se logra la presión especificada, el sistema informático indica al operador por medio de un indicador tipo ON/OFF que se puede procesar la pieza para la prueba de presión interna de agua (la cual para este trabajo no se pudo implementar de manera automática por cuestiones de ASME). De igual forma se genera una salida digital por medio de la tarjeta de adquisición de datos, la cual enciende una lámpara indicadora para saber el resultado de la prueba de presión de sujeción.

4.1. Modelo de particularidades (iMRP).

Como se estableció en la sección 3, la operación del sistema informático, es decir, el lanzador de órdenes es dirigida por modelo donde el modelo de particularidades (iMRP) abstrae las características específicas del sistema de manufactura como se puede observar en la Figura 4.2. El modelo iMRP por definición contiene 4 sub grafos (Prueba-P, Recurso Tiempo-RT, Operaciones-O y Célula-C), enlazados a través de los nodos del grafo RT. El grafo P describe la prueba que se va a realizar, en este caso el nodo P1 describe la prueba de presión de sujeción de la pieza. El grafo O incluye todos los nodos correspondientes a los 3 tipos de operaciones definidas en la arquitectura de referencia, en este caso solo las operaciones de

medición e indicación son requeridas. El grafo C contiene los nodos que representan a los elementos del equipo de producción (sensor y actuador) para realizar las pruebas correspondientes.

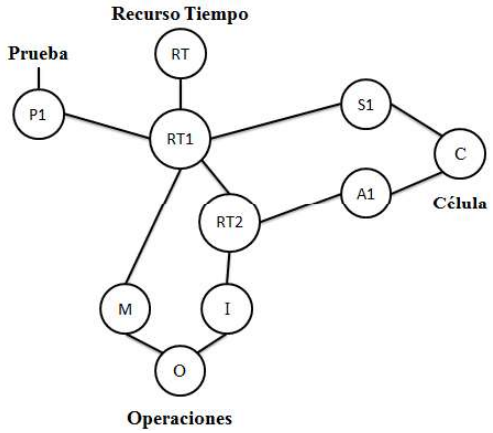
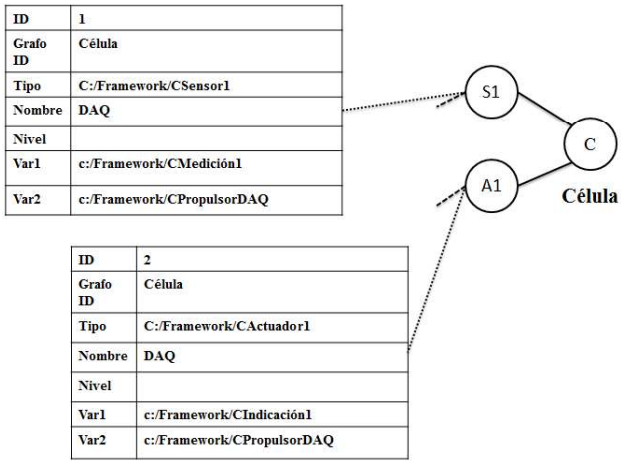


Figura 4.2. Modelo de particularidades.

A cada uno de los nodos del grafo RT se asocian tres nodos, uno por cada uno de los otros tres grafos para describir la prueba a realizar, la operación a realizar y el elemento a utilizar. Por ejemplo, mediante los nodos asociados al nodo recurso tiempo RT1 se describe que la prueba hidrostática P1 será operada por el sensor S1 mediante una operación de medición y por el actuador A1 mediante una operación de indicación. La secuencia de operación es establecida, en parte por la estructura padre-hijo del grafo RT, de tal manera que el hijo RT2 no puede ser operado sin que el padre RT1 haya terminado su operación, es decir, no se puede generar una señal mediante el actuador A1 sin que el sensor S1 haya terminado su operación. Así el modelo de particularidades contiene la estructura y lógica de operación del sistema específico, así como la información a ser interpretada en tiempo de ejecución por el lanzador de órdenes. El primer paso para el lanzador de ordenes es instanciar los objetos correspondientes al sistema particular a partir de las clases implementadas en el marco de referencia (o framework) y la información contenida en el modelo de particularidades; que indica la clase que implementa al tipo de objeto a instanciar representado por el nodo respectivo. Tal información se especifica en los atributos de cada nodo como se muestra en la tabla de atributos de nodo en la Figura 4.3 donde se observa que la clase a instanciar para generar el objeto sensor S1 deberá estar indicada como la ruta para encontrar el .dll de dicha clase (por ejemplo: C:/Framework/CSensor1) en el parámetro Tipo de los atributos de dicho nodo; además deberán estar en las variables los atributos de comunicación entre el lanzador de órdenes y el objeto representante. En este caso son la ruta de la clase envoltura a instanciar la cual contiene la operación a realizar y la ruta del objeto propulsor a instanciar la cual contiene todas las características para comunicarse con el equipo de prueba (DAQ). En la implementación de las clases de los objetos envoltura y objeto propulsor se implementan los mecanismos específicos (o particularidades del sensor o actuador utilizado) para establecer comunicación con el lanzador de órdenes para la realización de la operación correspondiente. Lo mismo sucede en el caso de la clase a instanciar para generar el objeto actuador A1, la cual deberá estar indicada como la ruta para encontrar el .dll de dicha clase (por ejemplo: C:/Framework/CActuador1) en el parámetro Tipo de los atributos de dicho nodo además deberán estar en las variables los atributos de comunicación entre el lanzador de órdenes y el objeto representante que en este caso son la ruta de la clase envoltura a instanciar la cual contiene la operación a realizar y la ruta del objeto propulsor a instanciar la cual contiene todas las características para comunicarse con el equipo de prueba (DAQ). El objeto envoltura y el objeto propulsor generan los mecanismos necesarios para establecer comunicación con el lanzador de órdenes como el resultado de la operación a realizar.



ID	1
Grafo ID	Célula
Tipo	C:/Framework/CSensor1
Nombre	DAQ
Nivel	
Var1	c:/Framework/CMedición1
Var2	c:/Framework/CPropulsorDAQ

ID	2
Grafo ID	Célula
Tipo	C:/Framework/CActuador1
Nombre	DAQ
Nivel	
Var1	c:/Framework/CIndicación1
Var2	c:/Framework/CPropulsorDAQ

Figura 4.3. Modelo de particularidades, atributos de nodos.

En el arco que asocia a los nodos RT1 y M como se muestra en la Figura 4.4, el atributo VAR1 establece la ruta del archivo que contiene todos los parámetros de configuración de la clase envoltura CMedición1 y clase propulsor CPropulsorDAQ (señal de control, unidades de medición, escala de voltaje, escala de variable física, polinomio característico y datos del enlace físico), los cuales fueron guardados cuando se configuró el sensor a utilizarse en esta aplicación. Del mismo modo en el arco que asocia a RT2 con I, VAR1 establece la ruta del archivo que contiene todos los parámetros de configuración de la clase envoltura CIndicación1 y clase propulsor CPropulsorDAQ (señal de control, unidad de control, set point, polinomio característico y datos de enlace físico), los cuales fueron guardados cuando se configuró el actuador a utilizarse en esta aplicación.

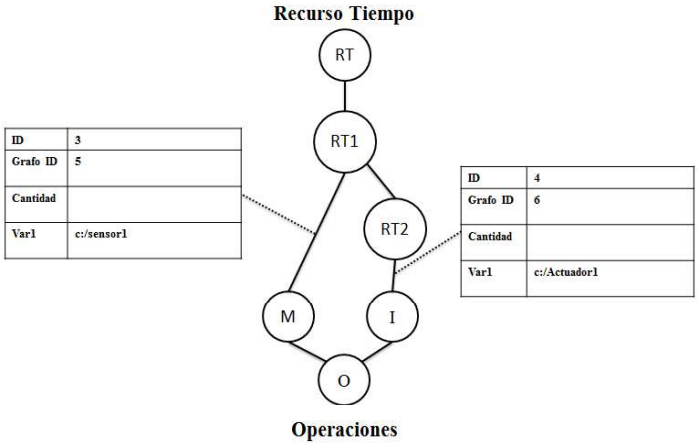


Figura 4.4. Modelo de particularidades, atributos de arcos.

En la Figura 4.2 se mostró el modelo de particularidades el cual contiene la información requerida por el lanzador de órdenes para la implementación de los objetos procesadores, los programas a ejecutar para las acciones requeridas, así como las direcciones de los mismos. El sistema lanzador de órdenes y el marco de trabajo de acoplamiento se personalizan para operar de acuerdo a las características del sistema de esta estación de prueba en particular. Para lo anterior, el lanzador de órdenes genera instancias de objetos representantes sensor y actuador; envía comandos genéricos de control: Operar(c:/Sensor1) y Operar(c:/Actuador1) (cuyos parámetros son las características particulares de cada elemento u objeto representante así como la operación a realizar). Estas instancias a su vez generan instancias envoltura de las operaciones que se van a realizar con el sensor y el actuador de acuerdo a lo requerido por el usuario dada la abstracción en el modelo de particularidades, en este caso para la instancia CSensor configurada para generar una lectura, se genera una instancia de operación CMedición (objeto envoltura) la cual en base a los parámetros de configuración del sensor, generará una instancia de objeto Cpropulsor, la cual tiene la función de leer la señal de voltaje proveniente de un puerto especifico de la tarjeta DAQ (por medio de enlace físico USB), la convertirá a valor numérico de variable física mediante la ecuación característica y la guardará para su procesamiento posterior. Lo mismo sucede para la clase CActuador donde sí se configura para generar una señal digital, se crea una instancia de operación CIndicación (objeto envoltura) la cual en base a los parámetros configurados para el actuador, generará una instancia de objeto Cpropulsor, la cual tiene la función de generar una señal digital a la salida de un puerto especifico de la tarjeta DAQ (por medio de enlace físico USB) hacia la lámpara indicadora si y solo si el valor leído y guardado por la instancia CMedición es igual al valor configurado como set point (valor deseado) para el actuador (c:/Actuador1), caso contrario la prueba es rechazada puesto que no se logró establecer la presión de sujeción de acuerdo a lo especificado por el usuario.

5. ANALISIS DE RESULTADOS

La creación de la arquitectura de referencia basada en ArquiTAM tiene validez si se realiza la abstracción de particularidades de manera correcta, ya que si ésta no es adecuada, no se podrá generar una arquitectura de referencia que soporte o se pueda acoplar a todas las estaciones de manera satisfactoria y fácil. Como se pudo observar, la propuesta de la creación de clases sensor y actuador dado las configuraciones de parámetros abstraídas de las estaciones, muestran que la arquitectura es válida y permite adecuar y funcionar para todas las configuraciones analizadas ya que estos dos elementos son los que determinan el funcionamiento de las pruebas. Además, la propuesta de implementación de sub clases (objetos envoltura) medición, operación e indicación son necesarias y fundamentales ya que las tres son las operaciones que se pueden realizar con los sensores y actuadores mencionados. La propuesta de integración de estas clases en un sistema informático está validada ya que, en conjunto con el sistema informático, se pueden configurar para controlar y monitorear cualquier estación de prueba. Lo anterior analizado desde el punto de vista conceptual. La abstracción de particularidades por medio de iMRP y el concepto de acoplamiento débil, resuelve la complejidad de establecer la relación y conexión entre el sistema informático, los sensores y las operaciones que se realizarán de una manera donde el acoplamiento débil es lo que rige dicha relación y conexión para que el sistema sea fácil de reconfigurar dados los cambios diarios demandados por el ambiente manufacturero.

6. REFERENCIAS

[1] S. Mekid. "Furhter structural intelligence for sensors cluster technology in manufacturing", Sensors, vol.6, pp.557-577, Jun. 2006.

[2] A. M Mzahm, M. Sharifuddin, A. Y. C. Tang. *"Agents of Things AoT: An Intelligent Operational Concept of the Internet of Things IoT"*. 2013 13th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications (ISDA). IEEE, pp. 159-164, 2013.

[3] C. Ortega Jiménez, I. Eguía Salinas. "*Sistema de Manufactura Reconfigurable y Competitividad Industrial*". Vol. 1 #2, 2010. pp. 97-113.

[4] Acosta, J., & Sastrón, F. "Loose Coupling Based Reference Scheme for Shop Floor-Control System / Production-Equipment Integration". Journal of Applied Research and Technology. 2013. 11, 447–469

[5] A. Villegas, I. Herrera, G. Gómez, J. Rodríguez, E. Lugo. "*Aplicación para el Monitoreo y Control de Procesos Industriales basada en el Estándar de Comunicaciones OPC*". REVISTA INGENIERIA UC. Vol. 15, No.3, pp. 7-18. 2008.

[6] J. Headrick William, Garcia Gilberto. "*Automated Configuration of modern ATE*" IEEE AUTOTESTCON, September 2017, IEEE Conferences, Schaumburg, IL, USA. pp. 1-4.

[7] Acosta, J. "*Esquema de Referencia para Acoplamiento Débil entre Sistema Informático y Equipo de Producción*". Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales. 2015.

[8] Acosta, J., F. Sastrón (2006), "*Schematic Architecture: Reference Architecture / Frameworks / Particular Models for the Shop Floor Environment*", 32nd Annual Conf. of the IEEE Industrial Electronics Society, París France, November.