ROBÓTICA INDUSTRIAL EN LOS PROCESOS DE FAENADO DE CERDOS: PARAMETRIZACIÓN DE SIMULACIONES Y MODELADO TÉCNICO

INDUSTRIAL ROBOTICS IN THE PIG PROCESSING PROCESSES: PARAMETERIZATION OF SIMULATIONS AND TECHNICAL MODELING

ROBERTO GARCÍA SÁNCHEZ[1], ROBERTO CARLOS GARCÍA VACACELA[2], NICOLÁS VILLAVICENCIO BERMUDES[3], JESÚS MELENDEZ RANGEL[4]

1 Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. *roberto.garcia02@cu.ucsg.edu.ec*
2 Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. *roberto.garcia@cu.ucsg.edu.ec*
3 Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. *nicolas.villavicencio@cu.ucsg.edu.ec*
4 Universidad Católica de Santiago de Guayaquil. *jesus.melendez@cu.ucsg.edu.ec*

RESUMEN

Esta investigación cuantitativa, de tipo cuasi experimental, planteó generar una línea base de conocimiento relacionado con el uso de robótica industrial en los procesos de faenado de cerdos en torno a la parametrización de simulaciones de procesos. El universo de faenamiento de cerdos fue aportado por el Camal Municipal de Guayaquil, como zona de influencia de la Católica Santiago de Guayaquil (UCSG), identificado a través de las estadísticas y mantenidos por ese ente gubernamental en el Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (SINAGAP). La población compuesta por la cantidad diaria de cerdos faenados que se registraron en un periodo de 26 semanas de trabajo. La muestra no probabilística quedó definida por el número de cerdos seleccionados en los 130 días de trabajo regulares. Las mediciones y análisis se obtienen al comparar los datos del grupo de estado inicial G2 contra el grupo de estado final G1, con el uso del software ABB Robot Studio 6.0.2. Se concluye acerca de la posibilidad de mejora promedio en un 4.63% en los valores del tiempo diario y en promedio 2090 minutos de trabajo por semana para el proceso de faenado de ganado porcino.

PALABRAS CLAVES: modelado técnico, robótica, faenado de cerdos.

ABSTRACT

This quantitative research, of quasi-experimental type, proposed generating a baseline of knowledge related to the use of industrial robotics in slaughter processes of pigs around the parameterization of process simulations. The universe of slaughter of pigs was contributed by the Municipal Camal of Guayaquil, as a zone of influence of the Catholic Santiago de Guayaquil (UCSG), identified through the statistics and maintained by that governmental body in the National Agricultural Information System, Livestock, Aquaculture and Fisheries (SINAGAP). The population consists of the daily amount of slaughtered pigs that were registered in a period of 26 weeks of work. The non-probabilistic sample was defined by the number of pigs selected in the 130 regular work days. The measurements and analysis are obtained by comparing the data of the initial state group G2 against the final state group G1, with the use of the ABB Robot Studio 6.0.2 software. It is concluded about the possibility of average improvement in a 4.63% in the values of the daily time and in average 2090 minutes of work per week for the slaughtering process of pigs.

KEYWORDS: technical modeling, robotics, slaughtering of pigs.

DOI: http://dx.doi.org/10.23878/alternativas.v20i2.275
RECIBIDO: 12/11/2018
ACEPTADO: 28/2/2019

INTRODUCCIÓN

La sofisticación de la tecnología en la integración técnica de los sistemas de automatización agroindustrial, se orienta hacia los diferentes niveles de calidad y optimización de los procesos dentro de una arquitectura innovadora, con posibilidades de calidad y eficiencia de los procesos, para solucionar diversidad de situaciones, mecanismos y capacidades dispuestas en el conjunto de operaciones que se pueden repetir en un marco significativo de automatización en su funcionamiento técnico organizado, uniformado y programado.

En este entorno de ideas, las experiencias de Matthews, Miller, PlÖtz, & Kyriazakis (2017), en este campo de la automatización aplicada al área agroindustrial, expresan los cambios de comportamientos monitoreados de los animales de granja, rastreados a través de los movimientos del cerdo con cámaras de videos de profundidad que miden las actividades de alimentación y locomoción en trayectorias 3 D y permite tomar decisiones preventivas de reproducción, salud animal y cualquier tipo de diagnóstico sobre el estado de bienestar.

Al complementar esta postura en cuanto al monitoreo y detección temprana de compromisos de salud y bienestar en las cerdas comerciales, señalan Matthews, Miller, Clapp, Plötz, & Kyriazakisb (2016), los beneficios que ello implica para una intervención oportuna que mejore el éxito del tratamiento, reduzca el impacto sobre el bienestar y promueva la producción porcina sostenible. Así, uno de esos diagnósticos asociados a la automatización, también es reconocido, según los estudios de Pomar, Hauschild, Zhang, Pomar, & Lovatto (2009), durante la alimentación con la composición correcta en el momento adecuado para cada cerdo en la manada mediante el monitoreo de los animales en tiempo real, para lograr estrategias óptimas de sacrificio y producción, mejorando la sostenibilidad ambiental de la producción porcina, el bienestar animal y la carne de calidad.

Todas estas complementariedades en la aplicación de la robótica en diferentes disciplinas del conocimiento constituyeron referentes de interés para abordar este estudio formulado en la idea de generar una línea base de conocimiento relacionado con el uso de robótica industrial en los procesos de faenado de cerdos en torno a la parametrización de simulaciones de procesos. Ello se alcanzó al aprovechar las potencialidades del software Robot Studio en su versión 6.0.2 con los 2 tipos de robots industriales requeridos por el Centro de Robótica e Inteligencia Artificial de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil (UCSG) de Código R 3.2.x. implementado en el proceso de simulación, al demostrar la capacidad de expansión en la visualización de imágenes 3 D del faenado de cerdos.

SISTEMA DE ROBÓTICA INDUSTRIAL EN PROYECTOS AGROINDUSTRIALES

Las implicaciones prácticas del uso de robots industriales, exigencias, precisión y funcionalidad, atañen igualmente a las situaciones y requisitos asociados con la adquisición de datos, análisis y modelado. Es así como la programación específica y el desarrollo de software, configuran el paradigma de la orientación a objetos, basada en componentes, enfoques y el diseño impulsado por el modelo (Pires & Azar, 2018). La idea es reforzar la tarea automatizada para significar su ventaja en la productividad. Según la situación aplicada al desarrollo de un robot específico, se programa al implementar un diagrama de flujo que va describiendo el comportamiento de alto nivel del robot (Hellström, & Ringdahl, 2013).

Este avance se ha visto en experiencias que muestran sistemas intuitivos para la programación de robots industriales. Tal como lo investigado por Lambrecht, Kleinsorge, Rosenstrauch, & Krüger (2013), al utilizar el reconocimiento de gestos mediante la demostración humana y la realidad móvil aumentada en el marco de la programación por demostración. Los autores mencionados anteriormente, presentaron un sistema de seguimiento de movimiento 3D y un dispositivo portátil que establecen el fundamento o base para la programación espacial.

Ahora bien, una de las ventajas del sistema de robótica industrial es la velocidad de precisión de los procesos, tal como se refleja en los aportes de Young & Pickin (2001), al mencionar que el avance en el desarrollo de nuevos diseños mecánicos, hacen ver el aumento de la capacidad de procesamiento del controlador. Asimismo, se incluye la efectividad en la programación y optimización planificada de trayectorias a seguir, calibración flexible, que de acuerdo con Cai, Chein & Yuan (2018) proponen la idea de mejorar la precisión del posicionamiento absoluto de los robots industriales, con una calibración Kriging, diseño/metodología/enfoque, lo cual además muestra su validez, en tanto reduce el máximo de los errores de posición espacial de 1.2906 a 0.2484 mm.

No obstante, destacan Stenmark & Malec (2015) que el dinamismo productivo industrial del sistema robótico se proyecta en la cercanía de los trabajadores, ante lo cual deben estar preparados en habilidades, experiencia y conocimientos que requieren la interacción como usuarios a fin de alcanzar razonamientos adecuados mientras se ejecuten las tareas. De esta manera, la interacción con los robots exige diversidad de situaciones que han de ser manejadas en cualquier proyecto agroindustrial con la precisión del caso, al comprender las recomendaciones de Kruse, Pandey, Alami, & Kirsch (2013) impactan las capacidades del robot, incluida la percepción, el razonamiento, el aprendizaje, la manipulación y la navegación. Esto último ante la presencia de humanos exige enfoques innovadores que tomen en cuenta las limitaciones de la comodidad humana así como las reglas sociales.

Por ello, la sofisticación en la programación, automatización y control de alto nivel para escenarios industriales de sistemas robóticos, según Neto, Pires, & Moreira (2012), es todavía difícil para el manejo efectivo de un trabajador no entrenado que opera con un robot. Por tanto, se han realizado investigaciones acerca de las formas intuitivas para mover y enseñar robots, usando dispositivos de entrada. Es así como los experimentos de estos autores, relacionados a un sistema diseñado en un entorno no controlado de tipo industrial, lo compararon en su desempeño con otros, evidenciando que demanda nuevos sistemas de interacción. De este modo, cuando un humano interactúa directamente con un robot, los sistemas de seguridad se activan en la célula robótica con un alto nivel de robustez, para evitar accidentes.

SIMULACIÓN DE EXPERIENCIAS ROBOTIZADAS

El desafío tecnológico envolvente de las industrias se acerca cada vez más a la búsqueda de la eficiencia de los procesos ante los parámetros de anticipar el futuro y mantenerse competentes en el mercado con el aporte de mayores beneficios tanto para los trabajadores como para los consumidores. Esta era es la oportunidad del equipamiento robótico al ofrecer experiencias, productos y mayores beneficios de calidad, rendimiento y solución de problemas puntuales de carácter industrial. Por ello, definen Iqbal, Khan, & Khalid (2017), el interés de sus investigaciones en torno a la aplicación de la robótica en la industria alimentaria, pues los robots tienen el potencial de transformar el procesamiento y manipulación de productos, paletización y empaque con eficiencia económica, seguridad, aumento de la productividad del negocio y reducción del impacto en la degradación ambiental. Escenario propicio para que la industria busque este tipo de soluciones robóticas expertas en el campo específico de su dinámica en la línea del procesamiento.

En este sentido, la industria de los alimentos cárnicos juega un papel significativo en el procesamiento de los productos desde la robótica, pues sus impactos delineados en la automatización, conceden toda una dinámica de oportunidades comerciales y financieras que impactan el alto índice de producción. Particularmente, las experiencias robotizadas en las industrias, cuya materia prima es la carne del cerdo, involucran factores de producción en unidades de engorde y crecimiento que han optimizado los procesos de gestión, salud, instalaciones de los equipos, nutrición, genética y medio ambiente, al incluir decisiones robóticas que impactan el sistema de producción porcina (da Silva, da Silva, Pazinato, Callegari, Silva dos Santos, Novais, Pierozan, & Gasa (2017).

De allí que la variabilidad de los hechos, circunstancias y disciplinas que se conforman en equipos multidisciplinarios para analizar la simulación de experiencias robótica en la avenida industrial demanda conocimiento de técnicas de modelado colaborativo para este tipo de eventos que ilustran la evaluación de propuestas, respuestas y situaciones relacionadas con el modelo de robot implementado en la operación espacial de los diseños (Christiansen, Larsen, & Jørgensen, 2015). Estos autores recomiendan el uso de enfoques alternativos para desarrollar un sistema robótico involucrado con pruebas ad hoc hacia el alcance de una configuración utilizable del sistema físico.

Este escenario se complementa con la propuesta de Liu, Zeng, Zhou & Zhu (2017), acerca de un sistema de control basado en datos que permite el diseño del controlador, sin considerar el modelo dinámico del sistema, lo cual hace ver su flexibilidad para diversas plantas controladas a nivel industrial. Es así como la flexibilidad aplicada a los procesos de comunicación entre máquina y máquina, según Azaiez, Boc, Cudennec, Da Silva, Haupert, Kchir, Klinge, Labidi, Nahhal, Pfrommer, Schleipen, Schulz, & Tortech (2016) proporciona una capa de transporte para la supervisión y el control además de un marco de servicios distribuidos de alto nivel y un sistema de gestión de datos.

Así se asegura la supervisión en tiempo real de los dispositivos, al establecer conexiones de red que despliegan nuevas aplicaciones, funcionalidades y verifica la corrección de código fuente respecto a las aplicaciones que se han de implementar en el sistema. En este entorno de ideas, es apropiado argumentar según Caggiano (2010), el papel de la simulación y modelado del sistema robótico, al analizar el rendimiento de producción a través de simulación de movimientos 3 D en eventos discretos, problemas de diseño ergonomía y robótica.

Estos modelos respaldan a decisiones de gestión sobre el sistema al evaluar aspectos nacional o con el equilibrio entre las instalaciones y la mejora de la productividad.

CRITERIOS TÉCNICOS: ROBÓTICA EN EL FAENADO DE CERDOS

El desarrollo de la industria robótica de alimentos se promueve cada vez con mayor intensidad ante la alta tecnología e innovación funcional que demanda la creación, evolución y sofisticación de técnicas alineadas a la producción, reducción de costos, sustentabilidad, seguridad e higiene, en la praxis que desarrolla en sí misma, el dinamismo de las capacidades y procesos. En este sentido, señalan Alvseike, Prieto, Torkveen, Ruud, & Nesbakken (2018) que los nuevos enfoques han de considerar la reducción del riesgo con la inspección y requisitos funcionales, al elegir la tecnología óptima y soluciones que cumplan con los requerimientos legales, pues se ha de comprender que estas alternativas se avizoran en la intervención de fábricas de alimentos tecnificados con invenciones necesarias y disponibles, pero no explotadas.

Por ello, uno de los eventos industriales productivos con la implementación robótica, atrae la creación de proyectos técnicos que agregan valor a los estándares de automatización, precisión y evaluación inteligente de diseños tecnológicos que constituyen un punto de referencia de interés en el faenado de cerdos. En este sentido, los procedimientos técnico y tecnológicos, con equipos especializados como tenazas eléctricas y aturdidor cautivo penetrativo, con tamaño adecuado, buenas condiciones de higiene, mantenimiento, fueron dispositivos y factores implementados por Mazzette, Piras, Agus, Porcheddu, Fois, & Gianna (2015) en el marco de la robótica en el faenado de cerdos, donde el control efectivo de los movimientos de la cabeza y de los ojos del animal, respiración rítmica y vocalización de los lechones, se evaluaron en las prácticas del proceso para su estudio.

Igualmente, Stocchi, Aconiti, Marinsalti, Cammertoni, Loschi, & Rea (2014), indican como hallazgos de este tipo de experimentos técnicos robotizados que las etapas más críticas se ubicaron en el manejo en el área de descarga, aturdimiento y sangrado, alcanzando signos de sensibilidad y recuperación de los animales en el 84.13%. Sin embargo, los problemas se corrigieron con la reestructuración del área de descarga, reducción de la velocidad de la línea de sacrificio, aumento del personal involucrado en el manejo previo al sacrificio y la calibración regular del dispositivo de aturdimiento eléctrico.

De manera que, los criterios técnicos de la robótica aplicada a la industria de cerdos, guarda correspondencia con los razonamientos de Hinrichsen (2010) en lo que tiene que ver con los replanteamientos globales competitivos de este tipo de actividades, donde se ofrece el escenario ideal de la tecnología robótica para lograr la combinación de buenas condiciones de trabajo y alta productividad laboral. Es así como la automatización, sobre todo en los procesos de corte y deshuesado de cerdos, mejora el rendimiento del producto y establece el mecanismo de calidad mejorada de la carne porcina.

METODOLOGÍA

La empleabilidad de técnicas de simulación desde la robótica industrial aplicada al faenado de cerdos, se corresponden con las recomendaciones del Instituto Noruego de Investigación de Alimentos, Pesca y Acuicultura de Noruega (NOFIMA, 2012), frente a los requisitos industriales operativos y cargados de tecnología de alta resolución, basados en sensores robóticos con el potencial de rendimiento y precisión en la faena, que se pueden adaptar frente a las necesidades y requerimientos de la Unión Europea, por ejemplo en el caso de la matanza industrial del porcino, en la sensibilidad de los métodos que implementan la tecnología en la línea de sacrificio.

Para el caso de esta investigación focalizada en el paradigma cuantitativo, de tipo cuasi experimental, planteada para generar una línea base de conocimiento relacionado con el uso de robótica industrial en los procesos de faenado de cerdos en torno a la parametrización de simulaciones de procesos, se siguieron los eventos que adquieren interés en la aplicación de las técnicas y algoritmos en diferentes escenarios

paramétricos, al aprovechar las potencialidades del software Robot Studio en su versión 6.0.2 con los 2 tipos de robots industriales requeridos por el Centro de Robótica e Inteligencia Artificial de la Universidad Católica Santiago de Guayaquil (UCSG) de Código R 3.2.x. De esta forma, se determinó la utilidad de la robótica industrial en el procesamiento de animales, incluyendo además aspectos relacionados con los procesos óptimos de faenamiento de cerdos.

El diseño cuasi experimental según Malhotra (2004) se caracteriza cuando "el investigador puede controlar cuándo se toman las mediciones y en quien se toman, no se tiene control sobre los programas de tratamiento y en consecuencia, no puede exponerlos en las unidades de prueba en forma aleatoria" (p. 217). Su utilidad resalta cuando no se puede usar la experimentación verdadera y la simulación del modelo, aplica por ser es más rápido y menos costoso. El diseño de series temporales, incluye mediciones periódicas de la variable dependiente en un grupo de unidades de prueba. Luego, el investigador aplica el tratamiento correspondiente. La correcta planificación y ejecución de un cuasi-experimento, puede aportar información adecuada sobre el impacto de un tratamiento o evolución de la propuesta aplicada.

El universo de faenamiento de cerdos se basó en la información proporcionada por el Camal Municipal de Guayaquil, como zona de influencia de la UCSG, identificado a través de las estadísticas, datos gestionados y mantenidos por ese ente gubernamental en el Sistema de Información Nacional de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca (SINAGAP). Así, la población estuvo compuesta por la cantidad diaria de cerdos faenados que se registraron en un periodo de 26 semanas de trabajo (un semestre) y que a su vez, cumplieron con la condición de haber ejecutado el proceso de faenado dentro de la jornada laboral regular, con cerdos entre 210 y 260 libras, que no hubieran tenido paradas de emergencia durante la jornada de faenado ni haber cumplido jornadas especiales por feriados o días festivos que incrementaran la demanda de faenado.

La muestra atendió a los razonamientos de Hernández, Fernández, & Baptista (2010), al caracterizar su condición no probabilística basada en sujetos-tipo cuya elección se basa en la necesidad de comprobación de causas relacionadas con las características que se desean analizar en la investigación. Por tanto, el experimento se basó en la comparación de resultados experimentales derivados de pruebas estadísticas de rigor, pruebas de los modelos o los algoritmos con soporte de datos internacionales, analizando de forma objetiva con métricas, las respuestas de modelo elaborado con otros existentes.

Para el cálculo de la muestra se usó la formula definida por (Gambarra, 1998)

Donde:

p = proporción de éxito (50%)
q = proporción de fracaso (50%)
Z = unidades de error estándar con nivel de significancia del 5% (1,96)
d = precisión (5%)
N = población compuesta por la cantidad diaria de cerdos faenados por el Camal Municipal de Guayaquil en un periodo de 26 semanas de trabajo (130 días)

Considerando una población de 130 días de trabajo (26 semanas de 5 días laborables), con una precisión del 10% y una proporción de éxito y fracaso del 50% la muestra a ser considerada es de 55 días de trabajo.

La muestra definida (130 días de trabajo regulares del Camal Municipal de Guayaquil), representa el número adecuado de casos para garantizar mayor fiabilidad de las pruebas estadísticas. Se escogió el diseño cuasi-experimental de post prueba de grupo control para la comparación final, pero no hubo observaciones iniciales que permitieran establecer la equivalencia inicial de los grupos.

RESULTADOS

La información que identificó al grupo G1 estuvo conformado por 55 días de trabajo de faenado de cerdos del Camal Municipal de Guayaquil seleccionados de la muestra sobre los cuales se parametrizó los datos de entrada en la simulación del proceso de faenado usando el software ABB Robot Studio 6.0.2 (ABB, 2015), considerando 4 partes de dicho proceso, que comprenden el levantamiento, corte de cabeza, corte de patas delanteras y traseras y corte de abertura. Estos datos fueron sometidos al paquete estadístico R 3.2.x. La figura 1, permite visualizar la situación.

Asimismo, en la segunda actividad se registraron durante los 55 días de la selección de la muestra, los tiempos empleados en las 12 partes del proceso de faenado, dando como resultado un promedio de 405 registros de cerdos procesados por día. Como tercera actividad, se ejecutó la simulación de faenado de cerdos, usando el software ABB Robot Studio 6.0.2 en las 4 partes

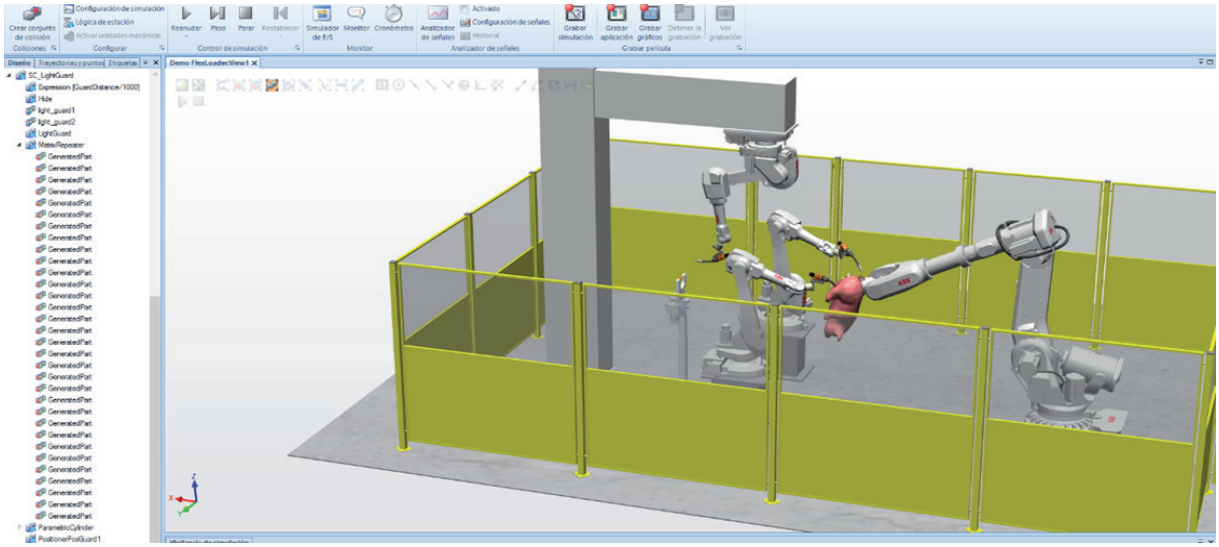

Figura 1. Ilustración Acerca de la Simulación del Proceso de Levantamiento y Corte Usando ABB Robot Studio 6.0.2

previamente parametrizadas. De los registros obtenidos en la segunda actividad, se reemplazaron los resultados de la simulación.

Por su parte, en cuanto al grupo G2, conformado por los registros de tiempos empleados en las 12 partes del proceso de faenado durante 55 días seleccionados de la muestra, no hubo actividades de mejora o automatización mediante la robótica industrial. Ahora bien, los resultados obtenidos de las pruebas estadísticas basadas en el diseño de casos múltiples, permitieron construir la siguiente figura 2.

Los resultados generados por el software ABB Robot Studio 6.0.2 y los registros de tiempos de faenado de cerdos obtenidos en el Camal Municipal de Guayaquil, fueron analizadas con el paquete Modern Applied Statistics with S-PLUS (MASS) de código R 3.2.x. Cada caso de estudio hace referencia a un grupo de estado inicial G2 (tiempo usado por cerdo faenado) y un grupo de estado final G1 (tiempo usado por cerdo faenado con robótica industrial) sobre los cuales se aplicaron las técnicas de análisis seleccionadas.

De igual manera, al realizar mediciones y análisis de los resultados obtenidos y comparar los datos del grupo de estado inicial G2 contra el grupo de estado final G1, se consideró el software ABB Robot Studio 6.0.2, parametrizado para realizar simulaciones en 4 partes del proceso de faenado. Los resultados obtenidos indicaron una mejora del 4,63% en los tiempos promedios de faenado de la producción esperada en el G2 con respecto al G1; adicionalmente se evidenció que en el comportamiento del G2, se obtuvo una curva exponencial creciente en el tiempo, a diferencia del comportamiento de la curva obtenida del grupo G1, la cual crece en menor magnitud en el tiempo, debido a la participación de robots en ciertas etapas del proceso de faenado, aunque se mantiene un ligero incremento en el tiempo debido a la participación de mano de obra tradicional (figura 3).

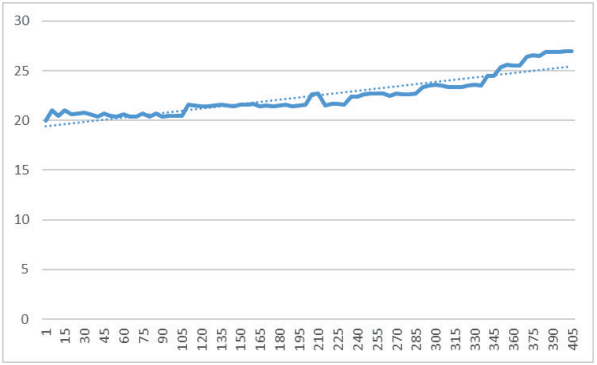

Figura 2. Tiempo Promedio (en minutos) de Faenado de Cerdos Durante un Día de Producción en el Camal Municipal de Guayaquil. Grupo G2 (faenado tradicional).

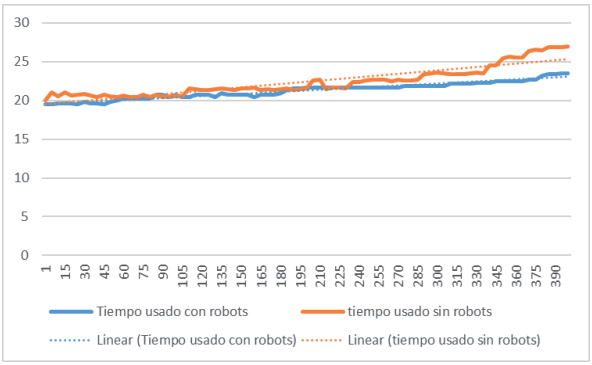

Figura 3. Tiempo Promedio (en minutos) de Faenado de Cerdos durante un día de Producción en el Camal Municipal de Guayaquil. Grupo G2 (faenado tradicional) respecto al Grupo G1 (faenado usando robótica industrial).

Al comparar los registros en forma diaria del grupo G1 y G2, bajo una relación: cantidad de tiempo usado para faenar cerdos versus día de faenado, se encontró que en ambos grupos se mantiene una relación directamente proporcional entre la cantidad de cerdos faenados por día y el tiempo usado para dicha actividad. Con ello se evidencia que a mayor cantidad de cerdos por faenar en el día, se incrementa la cantidad de tiempo usado, independientemente de la aplicación robótica industrial. Asimismo, la mejora de tiempo entre el grupo G1 y G2 fue en promedio de 2090 minutos por semana, manteniéndose esa tendencia durante el tiempo. La situación descrita se visualiza en el figura 4.

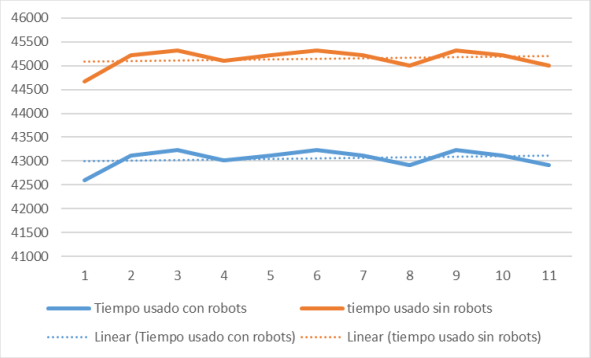

Figura 4. Tiempo (en minutos) de Faenado de Cerdos durante una semana de Producción en el Camal Municipal de Guayaquil. Grupo G2 (faenado tradicional) respecto al Grupo G1 (faenado usando robótica industrial).

El software utilizado es el ABB Robot Studio 6.0.2 que permitió realizar la simulación del trabajo de los robots en el proceso de faenado porcino. Según ABB (2015), es un software de programación y parametrización fuera de línea, cuya programación de robots se hace en un PC en la oficina sin detener la producción. Se fundamenta en la AB controlador virtual, una copia exacta del software real que ejecuta sus robots en la producción, concediendo simulaciones muy realistas con la implementación de programas de robots reales y archivos de configuración idénticos a los utilizados en el taller.

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La precisión, higiene y efectividad en el proceso de faenado porcino asistido por robots manifestado en la simulación o modelado industrial, evidencia el aprovechamiento de la aplicación robótica como situación alternativa que mejora el trabajo integral del negocio adaptado a la automatización. Así se evidenció en el modelado dinámico de los parámetros considerados en el uso del tiempo comparado con los procesos tradicionales, lo cual reafirma los resultados obtenidos por Dong, Ren, Chen, & Wu (2018) en cuanto a la efectividad del método asociado al sistema de sensores que amplían y mejoran la precisión operativa en la aplicación industrial, al programar las trayectorias diseñadas.

En este sentido, se interpreta que el tiempo de faenado de cerdos utilizando robótica industrial es factible, lo cual agrega ventajas de seguridad e higiene además de consistencia y eficiencia tal como lo señala Prasad (2017) al identificar el potencial de la robótica para impartir conocimiento avanzado y aportar su especificación en los procesos integrales de procesamiento en el campo agroindustrial, como también en lo que apuntan Judal & Bhadania (2015) en el sentido de la automatización, pues proporciona margen para la flexibilidad operativa, la conservación de la energía y seguridad en la planta, y la reducción de esfuerzos humanos durante la jornada laboral.

En síntesis la simulación o modelado robótico en los procesos industriales representa una alternativa posible en sistemas tecnológicos innovadores de diseños en el faenado de cerdos que contribuye a valorar la robótica en la identificación de prácticas y tendencias inmersas en los desafíos del futuro, tal como lo plantean Mourtzis, Doukas, & Bernidaki (2014) en el diseño de sistemas de flujo de materiales de información, planificación y control, realidad aumentada y virtual del modelado de aplicaciones industriales contemporáneas.

CONCLUSIONES

El objetivo planteado para generar una línea base de conocimiento relacionado al uso de robótica industrial en los procesos de faenado de cerdos en torno a la parametrización de simulaciones de procesos, se alcanzó en el interés investigativo de aportar alternativas de precisión, higiene y seguridad en el uso del tiempo efectivo de los procedimientos. En este sentido, los resultados expuestos permiten concluir que es posible una mejora promedio en un 4.63% en los valores del tiempo diario y en promedio 2090 minutos de trabajo por semana para el proceso de faenado de ganado porcino.

El software Robot Studio 6.0.2 implementado en el proceso de simulación, demostró la capacidad de expansión en la visualización de imágenes 3 D del faenado de cerdos, al incluir en sus equipos tecnológicos, las mismas herramientas que facilitan la parametrización de soluciones robóticas para la industria agro-

alimentaria. De acuerdo con ello, se afianza su implementación dadas las necesidades del Ecuador, definidas en el Plan de cambio de la Matriz Productiva (Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo, 2012), en el cual se describe la prioridad de mejora en la producción de alimentos, razón por la cual se agregan estadísticas del Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca, quien es el responsable de regular la producción agrícola, pecuaria, forestal, pesquera y acuícola de este país y datos recolectados en el Camal Municipal de la ciudad de Guayaquil.

Así, el desafío tecnológico industrial es la oportunidad para asumir el compromiso estatal en la prioridad del equipamiento robótico, al ofrecer experiencias, productos y mayores beneficios de calidad, rendimiento y solución de problemas puntuales, dados los aportes de esta simulación y sus hallazgos significativos de carácter agroindustrial. Este escenario proyecta además, la condición del conocimiento actualizado y pertinente del personal, respecto a la robótica, pues la cercanía como usuarios y trabajadores con los mecanismos robóticos, exige estar preparados con habilidades, experiencias y capacidades específicas en esa área.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABB. (2015). RobotStudio. It's just like having the real robot on your PC. [Documento en línea]. Disponible: https://new.abb.com/products/robotics/robotstudio [Consulta: 2018, Julio 22].

Alvseike, O., Prieto, M., Torkveen, K., Ruud, C., & Nesbakken, T. (2018). Meat inspection and hygiene in a Meat Factory Cell-An alternative concept. Food Control. 90 (2018). 32-39, https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2018.02.014

Azaiez, S., Boc, M., Cudennec, L., Da Silva, M., Haupert, J., Kchir, S., Klinge, X., Labidi, W., Nahhal, K., Pfrommer, J Schleipen, M., Schulz, C., & Tortech, T. (2016). Towards flexibility in future industrial manufacturing: a global framework for self-organization of production cells. Procedia Computer Science. 83 (2016). 1268-1273, doi: 10.1016/j.procs.2016.04.264.

Cai, Y., Chen, D., & Yuan, P. (2018). A flexible calibration method connecting the joint space and the working space of industrial robots. Industrial Robot. 45 (3). June 2018, doi: 10.1108/IR-02-2018-0036.

Christiansen, M., Larsen, P., & Jørgensen, R. (2015). Robotic design choice overview using co-simulation and design space exploration. Robotics. 4. 398-420, ISSN 2218-6581, doi:10.3390/robotics4040398.

Da Silva, C., Da Silva, P., Pazinato, C., Callegari, M., Silva dos Santos, R., Novais, A., Pierozan, C., & Gasa, J. (2017). Characterization and influence of production factors on growing and finishing pig farms in Brazilian cooperatives. Brazilian Journal of Animal Science. 46 (3). 264-272. 2017, ISSN 1806-9290, http://dx.doi.org/10.1590/S1806-92902017000300012.

Dong, Y., Ren, T., Chen, K.,& Wu, D. (2018). An efficient robot payload identification method for industrial application. Industrial Robot. July 2018, doi: 10.1108/IR-03-2018-0037

Gaggiano, A. (2010). Digital factory concept implementation for flexible and reconfigurable manufacturing systems modelling and analysis. Tesis doctoral no publicada. Universitá Degli Studi Di Napoli Federico II, Italia.

Hellström, T., & Ringdahl, O. (2013). A software framework for agricultural and forestry robots. Industrial Robot: An International Journal. 40 (1). 20-26, http://dx.doi.org/10.1108/01439911311294228.

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). Metodología de la Investigación. (5ª ed.). México: McGraw Hill.

Hinrichsen, L. (2010). Manufacturing technology in the Danish pig slaughter industry. PubMed. Meat Sci. 84 (2). 271-5. Feb 2010. doi: 10.1016/j.meatsci.2009.03.012.

Instituto Noruego de Investigación de Alimentos, Pesca y Acuicultura de Noruega. (2012). D5.2 Final Report. BoarCheck. A study on rapid methods for boar taint used or being developed at slaughter plants in the European Union. Noruega: Autor.

Iqbal, J., Khan, Z., & Khalid, A. (2017). Prospects of robotics in food industry. Food Science and Technology. Campinas. 37 (2). 159-165. April-June 2017, doi: http://dx.doi.org/10.1590/1678-457X.14616.

Judal, A & Bhadania, A.G. (2015). Automation in dairy and food processing industry. International Conference of Advance Research and Innovation (ICARI-2015). 490-495. January 22, ISBN 978-93-5156-328-0.

Kruse, T., Pandey, A., Alami, R.,& Kirsch, A. (2013). Human-aware robot navigation: A survey. Robotics and Autonomous Systems. 61 (12). 1726_1743, https://doi.org/10.1016/j.robot.2013.05.007.

Lambrecht, J., Kleinsorge, M., Rosenstrauch, M., & Krüger, J. (2013). Spatial programming for industrial robots through task demonstra-

tion. International Journal of Advanced Robotic Systems. 10 (5). January 1, 2013, https://doi.org/10.5772/55640.

Liu, H., Zeng,L., Zhou, W., & Zhu, S. (2017). A real-time data-driven control system for multi-motor-driven mechanisms. International Journal of Robotics and Automation. 32 (6). 606-615· December 2017, doi: 10.2316/Journal.206.2017.6.206-5011.

Malhotra, N. (2004). Investigación de mercados. Un enfoque aplicado. México: Pearson Educación.

Matthews, S., Miller, A., Clapp, J., Plötz, T., & Kyriazakisb, I. (2016). Early detection of health and welfare compromises through automated detection of behavioural changes in pigs. Veterinary Journal. 217, Nov 2016. 43-51,PMID: 27810210, doi: 10.1016/j.tvjl.2016.09.005.

Matthews, S., Miller, A., PlÖtz, T., & Kyriazakis, I. (2017). Automated tracking to measure behavioural changes in pigs for health and welfare monitoring. Scientific Reports. 7, Nº 17582 (2017), doi:10.1038/s41598-017-17451-6.

Mazzette, R., Piras, F., Agus,V., Porcheddu,G., Fois, G., & Gianna, S. (2015). Hygiene and welfare evaluation of pigs slaughtered in agritourisms. Italian Journal of Food Safety. 4 (2). 4580. May 28, 2015, doi: 10.4081/ijfs.2015.4580.

Mourtzis, D., Doukas, M., & Bernidaki, D. (2014). Simulation in manufacturing: review and challenges. Procedia CIRP. 25. 213-229, https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.10.032.

Neto, J, Pires, N., & Moreira, P. (2012). High-level programming and control for industrial robotics: using a hand-held accelerometer-based input device for gesture and posture recognition. Industrial Robot: An International Journal. 37 (2). 137-147, http://dx.doi.org/10.1108/01439911011018911

Pires, J., & Azar, A. (2018). Advances in robotics for additive/hybrid manufacturing: robot control, speech interface and path planning", Industrial Robot: An International Journal, Vol. 45 Issue: 3, pp.311-327, https://doi.org/10.1108/IR-01-2018-0017

Pomar, C., Hauschild, L., Zhang, G., Pomar, J., & Lovatto, P. (2009). Applying precision feeding techniques in growing-finishing pig operations. Revista Brasileira de Zootecnia. 38. Viçosa July 2009. http://dx.doi.org/10.1590/S1516-35982009001300023

Prasad, S. (2017). Application of robotics in dairy and food industries: a review. International Journal of Science, Environment and Technology. 6 (3). 1856-1864, ISSN 2278-3687.

Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo. (2012). Transformación de la matriz productiva. Revolución productiva a través del conocimiento y el talento humano. Quito: Autor.

Stenmark, M & Malec, J. (2015). Knowledge-based instruction of manipulation tasks for industrial robotics. Robotics and Computer-Integrated Manufacturing. 33. June 2015. 56-67, https://doi.org/10.1016/j.rcim.2014.07.004.

Stocchi, R., Aconiti, N., Marinsalti, M., Cammertoni, N., Loschi, A., & Rea, S. (2014). Animal welfare evaluation at a slaughterhouse for heavy pigs intended for processing. Italian Journal of Food Safety. 31 (1). Mar 4, 2014. 1712, doi: 10.4081/ijfs.2014.1712.

Young, K., & Pickin, C. (2001). Speed accuracy of the modern industrial robot. Industrial Robot: An International Journal. 28 (3). 203-212, https://doi.org/10.1108/01439910110389362.