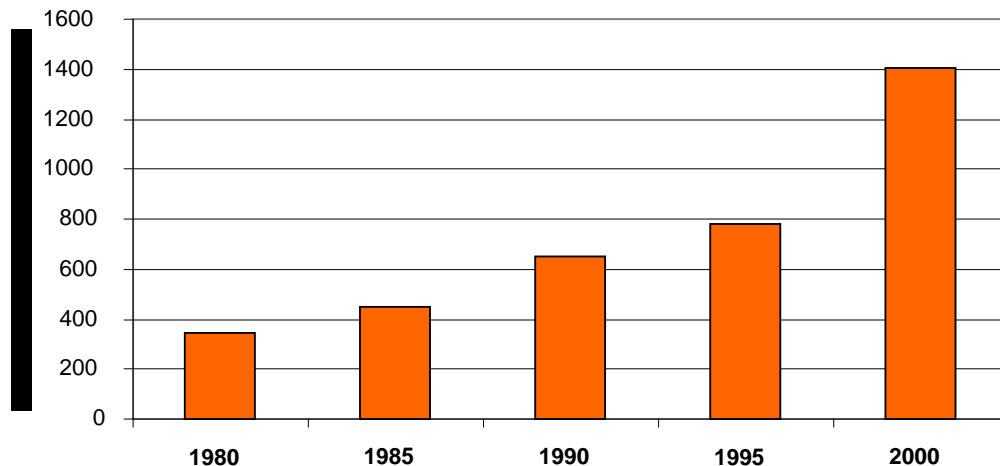


Technology-Enhanced Safety Training for the Hispanic Workforce

**Javier Irizarry, Ph.D., P.E.
Assistant Professor
Georgia Institute of Technology
Atlanta, GA**

Introduction

The U.S. work force is becoming more multicultural, and this trend is also evident in the construction industry. The number of Hispanics employed in the construction industry rose from 342,000 in the year 1980 to 1,408,000 in the year 2000 as shown in Exhibit 1 published by *The Construction Chart Book (2002)*. This publication reports that 17% of construction wage and salary workers are Hispanic.



**Exhibit 1. Number of Hispanic Employees in Construction – at different time periods
(CPWR 2002)**

Hispanics make up a disproportionately large share of workers in some construction trades, accounting, for instance, for 33% of drywallers, 31% of tile setters, 27% of concrete workers, 26% of painters, 23% of roofers, and 21% of laborers (CPWR 2002, Ruttenberg and Lazo 2004 Jaselskis et al. 1996, Jaselskis et al. 2004). The construction sector attracts a great number of Hispanic workers due to the ease of entry, relatively high wages, low skill requirements, lax legal documentation, limited need for English literacy, and the availability of jobs. Between 1980 and

2000, the number of construction workers who identified themselves as Hispanic quadrupled to 1.4 million, or 17% of wage-and-salary workers (CPWR 2002). As the number of Hispanics working in construction increases, the fatality rate has risen disproportionately. John Henshaw, the assistant secretary of labor for the Occupational Safety and Health Administration (OSHA), determined that in 2000 Hispanics accounted for an inconsistent number of workplace fatalities in all industries—13.8%, compared with their proportion of employment, 10.7%. (Henshaw 2002). Other studies have shown that between 1992 and 2003 the construction laborer fatalities among Hispanics have more than doubled from 108 to 263 (Dong et. al. 2005). According to a 2000 BLS report on fatalities, 815 Hispanic or Latino workers died as a result of job-related injuries in 2000. Nearly 20% of Hispanic fatalities were due to falls and contact with equipment, events more common in construction work sites than other employment areas (Henshaw 2002). In addition, approximately 627,000 construction workers – roughly half of the Hispanic construction workers in the U.S. – are illegal immigrants, who may not complain about unsafe work because they are afraid to lose their job or face deportation (Hopkins 2003). It is important to note that any research effort aimed at improving the safety conditions of Hispanic workers, should not consider residency status since this may limit participation in of this population. To compound the language problem, many Hispanic construction workers in the U.S. have limited literacy in Spanish, as well as in English. The distribution of educational attainment in construction for the year 2000 shows that 54% of Hispanic workers had not earned a High School diploma. For the same year, only 15% of non-Hispanic workers had attained less than a High School diploma (CPWR 2002).

OSHA has been working to provide employees with better tools addressing and ensuring their safety in the workplace. This has been done by different means including compliance inspections, citations and penalties. In addition to the enforced procedures, OSHA has been working to encourage safety practices among contractors, and providing support through courses on safety and health issues (CPWR 2002). Among these efforts, there has been increasing attention to the Hispanic workforce. Nonetheless, the number of fatalities involving Hispanic workers has risen while the overall statistics regarding the other sub-populations of the workforce have declined. For instance, the fatality rate among Hispanic workers in private construction increased from 10% in 1992 to 20% in 2002 (Richardson 2005). Exhibit 2 (developed using data from the U.S Bureau of Labor Statistics) shows the number of fatalities involving Hispanic workers from 1992 to 2002. Clearly, there is a need for more effective programs targeting attitudes and behavior in order to improve the overall safety in the workplace, especially in the construction workplace.

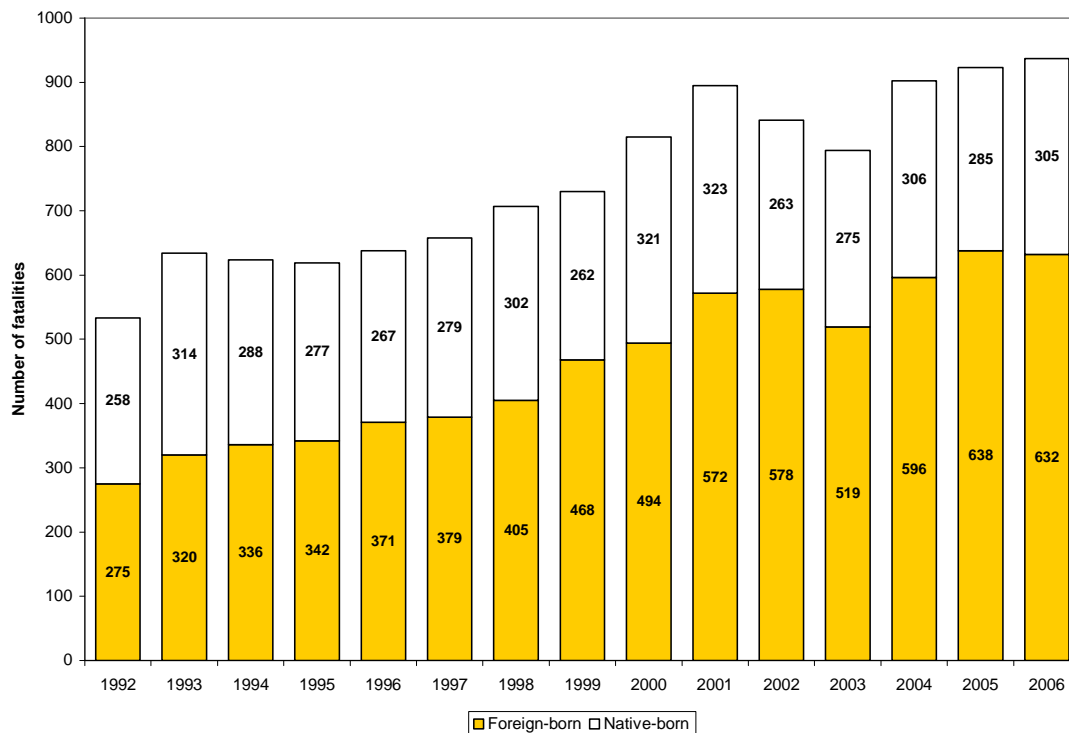


Exhibit 2. Number of fatalities involving Hispanic workers for 1992-2006 U.S Bureau of Labor Statistics (2007).

Key issues impacting safety that have been identified include: nuances of language and culture of Hispanic workers, especially those born outside the country, level of literacy, type of societal values – matriarchal/patriarchal, deference to authority, economic standing, etc. Pinch (2005) emphasizes the statements made by Dr. John Howard, Director of the National Institute of Occupational Safety and Health (NIOSH), that “there is a need to learn about social values with each Hispanic community to help get the safety message across. Lumping Spanish-speaking workers into a single category can create tension. We need to learn about, and take into consideration, the very real cultural differences between workers from Mexico and those from Central American countries, from South American countries, from Puerto Rico, and from Cuba. Our sensitivity to these differing cultures will affect how successful we will be in achieving trans-cultural workplace safety.”

A recent study by Thomson and Siddiqi (2007) has discussed the importance of understanding the culture of the different Hispanic groups as a good practice to improve safety among construction workers. This study divides the cultural differences into five categories as follows: importance of family, machismo, immigration status (of the worker), differences between countries of origin, and trustworthiness of those who wield authority.

Some Hispanic groups have great respect for their elders, some are more matriarchal than patriarchal, and others have a strong deference to authority. Each of these factors has impact(s) on the effectiveness of implementation of safety training tools. The level of literacy and prior exposure to educational technology also affect the implementation of safety training. Foreign-

born workers from rural towns, particularly in economically devastated areas, may have limited access to secondary education and exposure to technology.

Other studies (Abraham et al. 2004, Arboleda and Abraham 2004) report situations in which Hispanic workers appear willing to take more risks, i.e., the image of the ‘macho’ construction worker tends to prevail in Hispanic communities. Pinch (2005) explains that Hispanic workers “may take more risks to prove their manhood or may avoid wearing protective equipment like hard hats or safety glasses. Safety measures the American person takes for granted have to be taught.”

In the research team’s prior interactions with construction safety coordinators and competent persons on job sites, we found that a serious concern arises when workers “pretend they understand safety directions.” In many cases, admitting that the instructions were not comprehensible is viewed as ‘being disrespectful to authority.’ In one of the trenching accident cases brought to the attention of our research group, the employment status and the economic condition of the worker were keys to understanding why the worker chose to work in unsafe conditions. In this specific case, the worker was an immigrant Hispanic laborer, who was hired in a temporary position. For him, holding onto the job to support his wife and two kids was more important than seeking and finding more information about the safety of the construction operation.

As a growing number of Hispanics enter the construction industry workforce, contractors face a range of opportunities and challenges, particularly in providing safer workplaces. Addressing safety practices can present a special challenge for companies who employ people from different cultural backgrounds. The complexity of the problem relies on several factors, such as the perception of safety and hazards, workers’ engagement with safety behavior, lack of familiarity with existing safety standards, and the availability of organizational commitment to provide a safety climate.

Current safety training practices include classroom training that use printed materials, videos, and instructors. Although these materials are developed in Spanish, they do not address culture-specific issues of the Hispanic workforce and do not measure workers’ changes in risk perception that may impact jobsite safety. In addition, group learning dynamics in Hispanic cultures are not considered when developing such instructional materials.

Our focus in this research project is developing the framework to assess the risk perception of Hispanic workers and evaluate if the socio-cultural factors previously referenced, personal factors, and work environment factors influence their risk perception. By developing such a framework, interventions can be developed to improve the safety of this special population of workers by addressing potentially hazardous behaviors before they can result in injuries or even fatalities.

This paper will discuss innovative technology-based safety training that addresses identified safety issues among the Hispanic construction workforce, in order to reduce workplace accidents among this group. The proposed systems complement current safety training practices and addresses these issues by providing an interactive training solution that is tailored specially for the Hispanic worker, and specifically those working in small and medium-sized construction companies (SMEs), (< \$100 mil of revenue per year). These companies face significant challenges when developing safety strategies because they may not have the resources (financial or personnel) to dedicate solely or significantly to addressing safety on construction projects. In our prior analysis of 296 trenching fatality reports we found that 72% of fatalities occurred on

projects with total cost less than one million dollars (Arboleda and Abraham 2004). These projects are mainly executed by small/medium size companies, further highlighting the need for development of special safety strategies to assist this segment of the construction industry. The system considers the specific safety issues related to his/her cultural background and other identified factors that could affect his/her safety in the workplace.

Before technology-enhanced safety training is discussed, it is important to provide some background on technological approaches to enhancing safety on jobsites. Some of the technologies that are described have great potential by addressing jobsite hazards in a surveillance mode. The goal of technology-enhanced training is that of prevention by identifying training needs and addressing them before the worker engages in unsafe behaviors. It is also important to note that the technologies described in the next section go beyond the traditional personal protective equipment or engineering controls used today on jobsites. The systems described use a high technology approach to address many of the hazards found on construction jobsites.

Examples of Emerging Technologies for Enhancing Construction Safety

Wireless Jobsite Safety Monitoring

An approach that would help in reducing fatality events using novel technologies involves the use of active identification and positioning of equipment, dangerous areas, and location of workers, with the purpose of detecting potentially hazardous events before they occur. Ultra Wideband (UWB) is an emerging wireless technology for communications and precision localization. Broader applications include high-speed communications networks and data links, collision and obstacle avoidance, precision systems for personnel location, asset tracking and inventory control, and intelligent transportation systems. Due to their low system complexity, adaptiveness and low costs, UWB systems are a promising alternative to barcodes, standalone Radio Frequency Identification (RFID) and Global Positioning Systems (GPS) used for tracking assets in building construction sites. In addition to detecting construction equipment, risk areas or workers, UWB is able to position them with a great level of accuracy, thereby relating these positions with Computer Aided Design (CAD) information and assisting in the identification of potential hazards in the construction site such as those caused by spatial conflicts between workers and equipment and worker proximity to hazardous conditions in the jobsite.

Shown in Exhibit 3 is the conceptual model for the Integrated Surveillance and Automated Frequency Estimation of Threats system (i-safe-T), which continuously estimates the proximity of workers to safety threats previously identified in the job site and automatically determines if the worker is at risk of injury, taking the necessary action to reduce the risk of injury to the worker. The implementation of this system has the potential to greatly reduce the occurrence of accidents on jobsites, saving countless workers from injuries and fatalities (Castro et al. 2007)

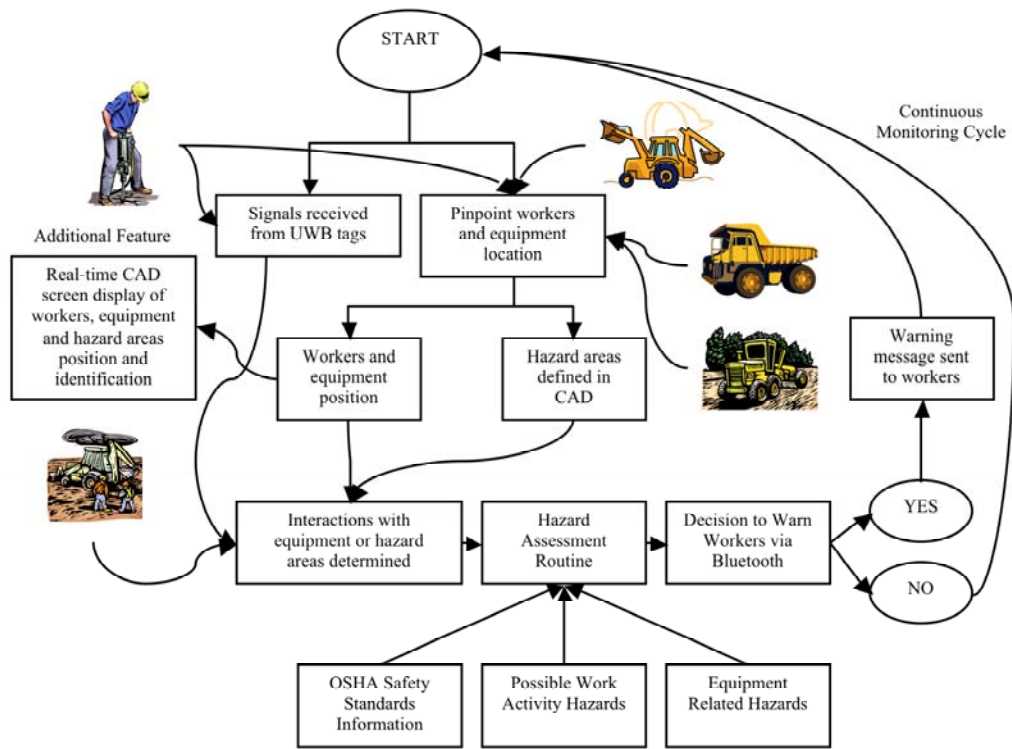


Exhibit 3. Conceptual Model of the i-Safe-T System.

Visual Technologies for Safety Assessment

Research by Teizer (2007) identified that automated soil classification, trench and environment dimension measuring, and trench monitoring using emerging technologies and data processing tools have the potential to further improve safety in excavation work. That research presented initial work in detecting static and moving objects in trenches classified as stable rock using a real-time 3D video range imaging camera. The focus of the study was to detect and track objects in trenches to warn workers of potential hazardous situations. This was accomplished by finding the precise location of a worker or any other construction resource (e.g., workforce, materials, equipment) within the trench. The resulting 3D model was then integrated into a 3D obstacle avoidance system where locations of all construction resources were stored and tracked in real-time. The expected result is the prevention of accidents such as struck by or contact from heavy equipment. An example of the application of such technology described by Teizer (2007) was that of a work crew which includes machines (e.g., backhoe installing precast pipes), where a visual or acoustical warning signal to equipment operator and trench worker would be issued if loads were placed too close or above workers and both were recognized with the 3D range camera.

Both wireless jobsite safety monitoring and visual technologies for safety assessment have great potential to improve safety on jobsites. These technologies could be implemented allowing safety related tasks such as;

- Continuously estimating the proximity of workers to safety threats and automatically determining if the worker is at risk of injury.

- Real-time evaluation of trench slope and depth in unstable soils where sloping is used instead of a trench box.
- Precise cause of accidents and post event simulation, e.g. black box recording of relevant accident data that later on can be analyzed and used for training purposes.
- Classify soil types automatically based on exposed 3D texture during excavation.

Virtual Reality and Safety Training

Soedarmono et al. (1996) developed a Virtual Reality (VR) model for training construction workers. The model consisted of a virtual construction environment that incorporates working platforms that are known to pose fall hazards to workers. The working platforms represented were floor edges, floor holes, wall openings, tops of walls, and ladders. The respective safety devices were incorporated into each of these platforms. The trainee would move about the virtual construction environment and when one of the designated working platforms was reached, visual messages in the form of program windows would appear. These windows contained information from the actual OSHA safety standard applicable to the particular situation. Also, an audio explanation of suggested strategies that the worker could implement in order to improve safety inside the working platform was provided. One limitation of this application is that the user would observe the virtual environment on a computer monitor, limiting the immersive aspect of the environment.

Tawfik and Fernando (1999) developed a simulation tool that used VR technology for organization of the site layout considering productivity and safety. This tool was used to explore possible improvements in productivity and safety by minimizing travel times for activities such as material delivery, movement of equipment and materials, and movement of labor. Safety could be improved by minimizing risks associated with hazardous areas near equipment and processes.

Shiratumddin and Thabet (2003) developed a Virtual Environment (VE) design review system that allows facilities to be represented by a virtual three-dimensional (3D) environment that can be updated in real-time to reflect the changes and modifications made by the user. The system uses commercially available and affordable 3D game development tools. The benefits of this system are reduction in the design review cycle and the early detection of design conflicts.

Research conducted at the Building and Fire Research Laboratory of the National Institute of Standards and Technology explored the use of the Virtual Reality Modeling Language (VRML) for application in the construction industry (Lipman and Kent 2000). Modeling of geometric information of structural steel elements and construction equipment was accomplished using this approach. Possible applications of the modeling methodology are material tracking from arrival to site through final assembly and user controlled equipment operation. This will allow a real-time monitoring of the progress of construction activities and the development of training tools for equipment operators.

Irizarry and Abraham (2005) proposed a Virtual Construction Environment for Steel Erection (VCESE). In this system, different steel erection scenarios could be constructed using various geometric configurations of steel members and environmental conditions. Experiments would be conducted by selecting a specific steel erection task and selecting the desired scenario. The performance of the participant in the experiment could then be evaluated to measure how the selected conditions affected his performance. Another function of the system would be to provide safety training to ironworkers without exposing them to actual physical danger.

The cited examples of applications of virtual reality technology for safety training show that there exists great potential to improve current safety training practices by providing tools that provide a realistic view of safety hazards without posing any real risk of harm to the trainee. More development is needed in this area before the technology can be generally used by the construction industry.

Technology Enhanced Construction Safety Training for the Hispanic Worker

Risk Perception Concepts

Before we can describe the risk perception based safety training concept, we must first provide some background information on risk taking behavior and accident causation, and factors influencing safety performance. Having provided the necessary background information, the paper will then provide more details on how risk perception can be used as a proactive means of safety management by providing directed safety training in areas where reduced risk perception could lead to accidents and injuries on the jobsite.

There are numerous definitions of risk, among which are the existence of threats to life or health (Fischhoff et al, 1981), exposure to the chance of injury or loss (Hertz and Thomas, 1983), and the likelihood that harm will occur (Health and Safety Commission, 1995). Risk-taking can be defined as following a course of action selected at the end of a probabilistic process. Risk-taking behavior has been identified as a leading cause of accidents (Wagenaar, 1992). In many accident reports, the causes of accidents are attributed to irresponsible underestimation or acceptance of risk. This leads to the hypothesis that misperceived risk or consciously accepted risk is a major cause of accidents.

Two risk theories relevant to this paper are the risk homeostasis theory (Wilde, 1982) and the zero-risk theory (Näätänen and Summala, 1974; 1976). The risk homeostasis theory states that an individual's behavior in risky situations is determined by a desire for cost minimization, which explains how behavior can be in accordance with risks, even subjectively perceived risks, without an ever-repeated process of conscious risk evaluation. This theory suggests that no safety measure will ever help to reduce risk and that risk control measures should be replaced by cost control measures. The zero-risk theory states that people seek situations in which there is no risk. Forces that play a role in this model are perceptual, experimental, and motivational. Both of these theories are important to the study of the risk perception of Hispanic workers because they relate different dimensions of risk perception with resulting behaviors in risky situations. Understanding these relationships can contribute to the development of safety training programs that target worker risk perception as a method of hazard prevention and avoidance.

The experience of construction workers and their knowledge of safety are important factors to consider in the evaluation of Hispanic worker risk perception. In a study of hazard perception and risk estimation in accident causation, Zimolong (1985), found that acceptable risk levels are established as a result of previous experiences and cognition. Information about accident-causing factors was obtained from investigating working conditions and personal behavior in hazardous situations. He concluded that workers are more likely to underestimate high-risk situations if they had a long-time experience with these hazards.

Worker behavior regarding safety may be influenced by the worker's perception of what is safe or unsafe. Based on this perception, decisions are made when to adopt or not adopt required safety precautions. This relationship was observed by Huang and Hinze (2003), who found that

approximately 33.3% of fall accidents are caused by misjudgment of workers about hazardous situations.

Other factors can affect safety on construction sites by increasing the probability of accidents. Toole (2002) found that the lack of proper training, deficient enforcement of safety behavior, not using provided safety equipment, and poor attitudes toward safety were among the root causes of construction accidents. Lack of proper training can limit the ability of a worker to recognize and avoid a hazardous situation and hence increase the risk of accidents. Deficient enforcement of safety can increase the risk of accidents since workers have less direction regarding applicable safety standards and there is less control of unsafe behaviors. Improper use of safety equipment is a common cause of construction accidents. The risk of accidents is significantly increased when safety equipment is not used effectively. In many instances, the use of safety equipment is reduced when the worker perceives that performance will be adversely affected. The perception that using safety equipment affects performance was investigated by Irizarry et al. (2004) and Irizarry and Abraham (2006). The studies indicated that task durations in steel erection were increased only by small levels when fall protection equipment was used. This negates the belief that using safety equipment reduces productivity to the point of justifying reduced use of personal protective equipment.

Poor attitudes toward safety involve worker beliefs, values, and work ethic. Workers may have been trained properly, but a “tough-guy” mentality prevents them from avoiding job hazards (Toole, 2002). Since the causes discussed are behavioral in nature, the factors that are involved in the causal process can be used to learn about the risk perception of workers.

Prior research studies have identified a number of factors that could impact safety at the construction site. Hinze and Gambatese (2003) identified several factors that influence the safety performance of specialty contractors (mechanical and roofing contractors). This study compared the factors that were believed to impact safety performance with the median injury rate of the specialty contractors surveyed. They concluded that factors such as turnover, drug testing programs, worker training, involvement of trade associations, and safety inspections significantly influence the safety performance of specialty contractors. Safety incentive programs were also considered in the study, but strong evidence to support their effectiveness in reducing injuries was not found. Recommendations that resulted from the findings of this study included the minimization of turnover, implementation of drug testing, and training with the assistance of trade associations (Hinze and Gambatese, 2003). Ahmad and Gibb (2003) identified the presence of a safety officer and tool-box talks as some of the safety control measures (SCMs) that affect safety performance on construction sites.

The relationship between age and worker fatalities was addressed by Chen and Fosbroke (1998), Buskin and Paulozzi (1987), Kisner and Fosbroke (1994), and Kisner and Pratt (1997). These studies suggest that older construction workers have a higher risk of injury. Height and weight are two factors that were found to affect safety performance. Kelsey and Golden (1998) found that workers with less than or greater than optimal body mass index have a higher risk of back injuries. It is important to be aware of factors such as those described for they provide valuable information in developing the methodologies that would allow the assessment of risk perception of construction workers considering their unique backgrounds and socio-cultural characteristics. The following sections will describe the proposed risk assessment methodology and training systems for the Hispanic workforce.

With the continuous changes in the construction industry workforce, contractors are challenged to provide safer workplaces in different ways. Construction companies have to

develop effective strategies that incorporate the needs of a diverse workforce. Safety and motivation of a construction work force to avoid hazardous situations is strongly influenced by cultural background and perceptions of acceptance within the societal group. Addressing safety practices can present a challenge for companies that employ people from different cultural backgrounds. The complexity of the problem is aggravated by worker specific factors such as the perception of safety and hazards, worker engagement on safety behavior, work experience, previous accidents or injuries as well as work environment factors such as safety training and employer safety management practices.

Risk Perception-Based Safety Training

The goal of the methodology presented is to develop the framework to assess the risk perception of Hispanic workers and evaluate if socio-cultural, worker specific, and work environment factors specific to this population of workers influence their risk perception. Interventions developed with this framework have the potential to improve the safety of Hispanic construction workers across many areas of the construction industry by considering risk perception of hazards and dangerous behaviors, one of the root causes of accidents. By identifying the factors influencing risk perception of Hispanic workers, the appropriate safety control (training, engineering, surveillance, or removal from hazard) can be implemented. The key objectives of the proposed methodology are:

- **To develop a framework for assessing risk perceptions of the Hispanic worker from the evaluation of socio-cultural, personal, and work environment factors and their impact on safety.** This will form the basis for developing interventions to communicate the safety hazards inherent in construction operations and prevent injuries and fatalities among this group of workers.
- **To develop and test a risk perception-based early warning system for construction safety of Hispanic workers which employs risk perception assessment as a method of accident prevention and avoidance.**

The ultimate goal of the research is to reduce the number of injuries and fatalities among Hispanic workers in construction by early intervention methods rather than after the fact interventions or extensive surveillance. The proposed research is based on a partnership between the research team, contracting companies who support the study, and the construction workforce who will directly benefit from the results.

The proposed research addresses components of various strategic goals of the National Occupational Research Agenda (NORA) National Construction Agenda (NORA – 2008): **(a) Strategic goal 1.0: Falls, (b) Strategic Goal 3.0: Struck-by-Hazards, (c) Strategic Goal 8.0: Construction Culture, (d) Strategic Goal 9.0: Construction Industry and Work Organization (emphasis on small and mid-size contractors), (e) Strategic Goal 11.0: Training and Education Issues, and (f) Vulnerable Workers (emphasis on Hispanic workers).**

Some advantages of such a system are:

- A low-cost individualized and on-demand approach to safety training that can be used by SMEs.
- The ability to provide re-fresher training for each worker to reinforce important safety concepts.

- Immediate feedback on understanding of learning objectives, which may not always be possible with traditional training methods.
- A scalable system that can be expanded for training in different areas of construction operations, such as heavy equipment operation, confined spaces, electrical work, and many others.
- The ability to measure changes in a worker's risk perception over time allowing employers to address potential problems before they result in injuries or fatalities in the job-site.

Factors included in the initial development of the methodology which have been identified as issues impacting safety include: nuances of language and culture of Hispanic workers, especially those born outside the country, level of literacy, type of societal values – matriarchal/patriarchal, deference to authority, economic standing, the perceived “technology” gap, and the issues with ‘being disrespectful to authority’ if admitting that instructions were not comprehensible. A brief description of the major components of the research methodology follows:

1. **Phase 1- Assessment of safety factors.** The purpose of this phase is to identify the most relevant safety factors related to the activities of interest (e.g., trenching, roofing, steel erection, etc.) This assessment is performed by evaluating previous studies in construction safety, focus groups, and a questionnaire both addressed to Hispanic workers, and job site visits.
2. **Phase 2- Identification and evaluation of safety training practices.** The purpose of this phase is to identify the most relevant safety training practices related to the construction activities of interest. A second survey questionnaire will be deployed in order to categorize practices implemented by construction companies and their success in addressing the needs of Hispanic workers in terms of their understanding of job-site hazards.
3. **Phase 3- Development of information technology enhanced safety training system.** Once the most relevant practices have been identified and evaluated, a safety training system which uses interactive touch display technology and incorporates factors that influence Hispanic worker's perceptions of safety will be developed.
4. **Phase 4- Testing and evaluation of training system.** This evidence-based safety training system uses randomized trials of educational interventions to test its effectiveness in enhancing Hispanic workers' awareness of job-site hazards. The results of system testing will be evaluated and compared with results from safety training practices identified in the previous phase. An important metric that will be used in the testing phase is the analysis of changes in Hispanic workers' risk perception of the tasks they perform. Also, learning outcomes will be evaluated and compared with results from the safety training practices identified in the second phase of the study.

Conclusions

There is no question that construction continues to be one of the most dangerous occupations in the US economy. Traditionally, construction professionals have been addressing safety issues on job sites by implementing approaches such as specific training, toolbox meetings, monetary incentives, daily safety meetings, etc. All these methodologies are intended to increase awareness of construction workers regarding hazardous situations in the job site. However, existing technology makes it difficult to supervise if workers are following their safety guidelines during the execution of their activities or fully understanding the concepts transmitted on by the training

received. As a result, accidents and fatalities still occur on the job sites even after extensive training and supervision. Technological advances in PPE have improved safety by protecting workers from injuries or by minimizing injuries if an accident occurs. But there are other technologies that are yet to be tapped to accomplish the goal of reducing injuries and fatalities in construction. Some of those technologies described in this paper include wireless jobsite safety monitoring, visual technologies for safety assessment, and virtual reality for safety training. This paper has presented an innovative approach to address the safety needs of Hispanic workers by developing a methodology that involves the development of technology enhanced safety training based on risk perception assessment. The expected outcome of the proposed methodology is an interactive training system; this portable technology can be used on the job site and will incorporate the issues related to the Hispanic workforce that may impact their understanding and perception of safety hazards in the many construction activities they perform.

Bibliography

- Abraham, D. M., McGlothlin, J. D., Halpin, D. W., and Hinze, J. (2004). "Construction Safety Alliance – Examining Causes of Construction Injuries and Defining Best Practices That Improve Safety Performance." *Construction Information Quarterly*, Chartered Institute of Building, Ascot, U.K.
- Arboleda, C. A. and Abraham, D. M. (2004). "Fatalities in Trenching Operations – Analysis Using Models of Accident Causation." *J. of Construction Engineering and Management, Americans Society of Civil Engineers - ASCE*, 130(2) 273-280
- Ahmad, R. K., and Gibb, A. G. F. (2003). "Measuring safety culture with SPMT - field data." *J. of Construction Research*, 4(1), 29-44
- Bureau of Labor Statistics (BLS). 2002. *National Census of Fatal Occupational Injuries in 2001*, U.S. Department of Labor, Washington, D.C.
- Buskin, S. E., and Paulozzi, L. J., (1987). "Fatal injuries in the construction industry in Washington State". *Am J. Industrial Medicine*, 11, 453-460.
- Castro, D., Irizarry, J., and Arboleda, C. A. (2007) "Ultra Wideband Positioning System And Method For Safety in Building Construction Sites" *2007 Construction Research Congress*, Grand Bahama Island, Bahamas, May 2007
- Chen, G. X., and Fosbroke, D. E., (1998). "Work-related fatal-injury risk of construction workers by occupation and cause of death." *Human and Ecological Risk Assessment*, 4(6), 1371-1390
- CPWR (2002). *The Construction Chart Book: The U.S. Construction Industry and its Workers*. The Center to Protect Workers' Rights, Silver Spring, MD.
- Dong, X., Men, Y., and Haile, E. (2005). "Work-Related Fatal and Non-Fatal Injuries among U.S. Construction Workers, 1992-2003". *Report to The Center to Protect Workers' Rights*. Silver Spring, MD.
- Fischhoff, B., Lichtenstein, S., Slovic, P., Derby, S. L., and Keeney, R. L. (1981). *Acceptable risk*. New York: Cambridge University Press.
- Health and Safety Commission. (1995) *Designing for health and safety in construction*, HSE Books, London.

- Henshaw, J (2002). “*Congressional Testimonies: Occupational Safety and Health Administration’s Efforts to Protect Immigrant Workers.*” Washington, DC: Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor.
- Hinze, J., and Gambatese, J. (2003). “Factors that influence safety performance of specialty contractors.” *J. Constr. Engrg. Mgmt.*, ASCE 129(2), 159-164
- Hopkins, Jim. 2003. “Fatality rates increase for Hispanic workers,” *USA Today*, March 12.
- Huang, X., Hinze, J., (2003). “Analysis of Construction Worker Fall Accidents.” *J. Constr. Engrg. Mgmt.*, ASCE 129(3), 262-271
- Irizarry, J., Simonsen K.L., and Abraham, D.M. (2004). “Effect of Safety and Environmental Variables on Task Durations in Steel Erection.” *J. of Construction Engineering and Management*, ASCE 131(12), 1310-1319
- Irizarry, J., Abraham, D.M. (2005) “Application of Virtual Reality Technology for the Improvement of Safety in the Steel Erection Process” *ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering*, Cancun, Mexico, July 2005 (in print).
- Irizarry, J., and Abraham, D.M. (2006) “Assessment of Risk Perception of Ironworkers.” *J. of Construction Research*, Volume 7 Number 1 & 2 March and September 2006 111-132
- Jaselskis, E. J., Anderson S.D., and Russell, J.S. (1996). “Strategies for Achieving Excellence in Construction Safety Performance” *J. Constr. Engrg. Mgmt.*, ASCE 122(1), 61-70.
- Jaselskis, E. J., Cackler, E. T., Jahren, C. T., Canales, A. and Abrelaez, M. (2004). “Developing an Effective Construction Training Program for Hispanic Supervisors and Craft Workers.” CTRE Project 03-132. Report to the Center for Transportation Research and Education, Iowa Department of Transportation.
- Kelsey, J. L., and Golden, A. L. (1998). “Occupational and workplace factors associated with low back pain.” *Occupational Medicine: State of Arts Reviews*, 3(1), 7-16
- Kisner, S. M., and Fosbroke, D. E. (1994). “Injury hazards in the construction industry.” *J. Occupational Medicine*, 36, 137-143
- Kisner, S. M., and Pratt, S. G. (1997). “Occupational fatalities among older workers in the United States: 1980-1991.” *J. Occupational and Environmental Medicine*, 39, 715-721
- Lipman, R., and Kent, R. (2000). “Using VRML In Construction Industry Applications.” *Web3D - VRML 2000 Symposium*, Monterey, CA, February 21-24, 2000.
- Näätänen, R., and Summala, H. (1974). “A model for the role of motivational factors in drivers’ decision making.” *Accident and Prevention*, 6, 243-261
- Näätänen, R., and Summala, H., (1976). *Road user behavior and traffic accidents*. Amsterdam: North-Holland.
- Pinch, L., “Safety and the Hispanic Worker” Construction Executive, *Associated Builders and Contractors* <http://www.abc.org/wmspage.cfm?parml=2758>> Last accessed: January 2005.
- Richardson, S., (2005). “Fatal work injuries among foreign-born Hispanic workers”. Office of Compensation and Working Conditions. *Monthly Labor Review*. Bureau of Labor Statistics. <http://www.bls.gov/opub/mlr/2005/10/ressum.pdf> (accessed: December 5 2007).

- Ruttenberg R., and Lazo, M. (2004) "Spanish-Speaking Construction Workers Discuss Their Safety Needs and Experiences" Residential Construction Training Program Evaluation Report, Ruth Ruttenberg and Associates, Bethesda, Maryland.
- Shiratuiddin, M.F. and Thabet, W. (2003) "A Framework for a Digital Design Review System Utilizing 3D Game Development Tool," *Proceedings of the 20th CIB W78 Conference on Information Technology in Construction*, Waiheke Island, Auckland, New Zealand, 23-25 April 2003.
- Soedarmono, D.R., Hadipriono, F.C. and Larew, R.E., "Using Virtual Reality to Avoid Construction Falls," *Proceedings of the Third Congress held in conjunction with A/E/CSystems '96*, Anaheim, California, 1996, 899-905
- Tawfik, H. and Fernando, T. (1999). "A Simulation Tool for Multi-Perspective Site Layout Analysis" *Proceedings of the European conference on product and process modeling*, Slovenia, September, 2002.
- Teizer, J. (2007). "Rapid Surveillance of Trenches for Safety," *Proceedings of the Construction Research Congress*, Freeport, Bahamas, May 6-8, 2007
- Thomson, P., and Siddiqi, K. (2007) "Best Practices for Improving Safety among Hispanic Construction Workers" *43rd Annual International Conference of Associated Schools of Construction*, Flagstaff, Arizona, April 12-14, 2007
- Toole, T. M. (2002). "Construction site safety roles." *J. Constr. Engrg. Mgmt.*, ASCE 128(3), 203-210
- Wagenaar, W. A. (1990) *Risk Evaluation and the Causes of Accidents*. In Borcharding, K., Laricher, O.I., and Messick (EDS), *Contemporary Issues in Decision Making*. Amsterdam: North Holland.
- Wilde, G. J. S. (1982) "The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health." *Risk Analysis*, 2, 209-225
- Zimolong, B. (1985). "Hazard perception and risk estimation in accident causation." In R. Eberts, & C. Eberts (Eds.), *Trends in ergonomics/human factors II*. 463-470. Amsterdam: Elsevier.

Entrenamiento de Seguridad Tecnológicamente Mejorado para el Trabajador de la Construcción Hispano

**Javier Irizarry, P.D., P.E.
Professor Asistente
Instituto Tecnológico de Georgia
Atlanta, GA**

Introducción

La fuerza laboral de lo Estados Unidos es cada vez mas multicultural, y esta tendencia es también evidente en la industria del a construcción. El numero de Hispanos empleados por la industria de la construcción aumento de 342,000 en el año 1980 a 1,408,000 en el año 2000 como muestra la Figura 1 publicada por el *Construction Chart Book (2002)*. Esta publicación reporto que 17% de trabajadores asalariados y por jornada son Hispanos.

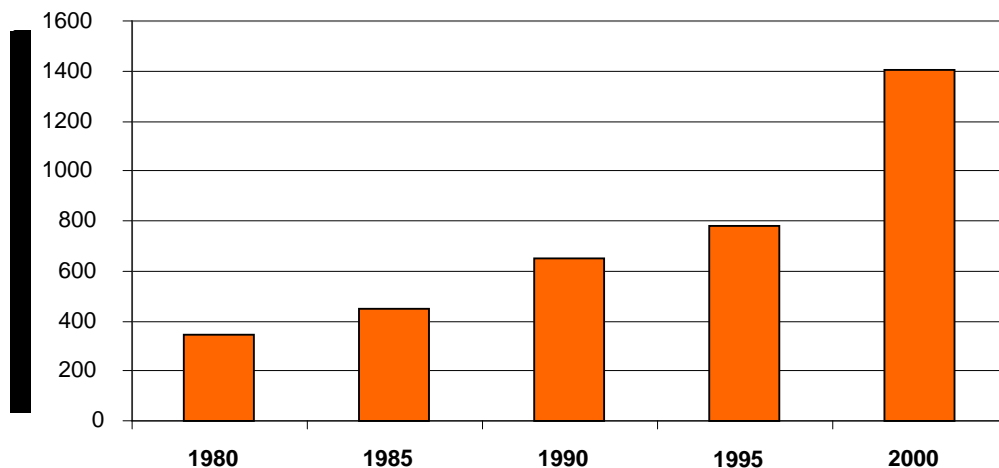


Figura 1. Numero de Hispanos Empleados en la Industria de la Construcción – en diferentes periodos (CPWR 2002)

Los Hispanos componen una parte desproporcionada de algunos oficios de la construcción, por ejemplo, 33% de instaladores de tablaroca, 31% de instaladores de losetas, 27% de concreteros, 26% de pintores, 23% de techeros, y 21% obreros (CPRW 2002, Ruttenberg and Lazo 2004 Jaselskis et al. 1996, Jaselskis et al. 2004). El sector de la construcción atrae un gran numero de trabajadores Hispanos por la facilidad de entrada, sueldos relativamente altos, bajos

requerimientos de destreza (depende del oficio), bajos requerimientos de documentación legal, necesidad limitada de conocimiento del idioma inglés, y la disponibilidad de trabajos. Entre 1980 y el año 2000, el número de trabajadores de la construcción que se identificaron como Hispanos se cuadruplicó a 1.4 millones, o 17% de trabajadores asalariados y de jornal (CPWR 2002). Al aumentar el número de Hispanos trabajando en la construcción, las fatalidades entre este grupo ha aumentado desproporcionadamente. John Henshaw, el sub-secretario de trabajo para Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), determinó que en el año 2000 los Hispanos representaron un número de muertes en lugares de trabajo incompatibles en todas las industrias-13.8%, en comparación con su proporción de empleo, el 10.7% (Henshaw 2002). Otros estudios han demostrado que entre 1992 y 2003 las muertes entre los obreros hispanos de la industria de la construcción se han más que duplicado de 108 a 263 (Dong et. Al. 2005). Según un informe del año 2000 sobre fatalidades publicado por el BLS, 815 trabajadores hispanos o latinos murieron como consecuencia de las lesiones relacionadas con el trabajo durante el año 2000. Casi el 20% de los hispanos fueron víctimas mortales debido a caídas y contacto con los equipos, eventos más comunes en las obras de construcción que otros lugares de empleo (Henshaw 2002). Además, aproximadamente 627,000 trabajadores de la construcción - aproximadamente la mitad de los trabajadores de la construcción hispanos en los EE.UU. - son inmigrantes ilegales, quienes tienden a no quejarse por condiciones de trabajo inseguras por temor a perder su empleo o se enfrentar deportación (Hopkins 2003). Es importante señalar que cualquier esfuerzo de investigación destinado a mejorar las condiciones de seguridad de los trabajadores hispanos, no debe considerar el estado de residencia ya que esto puede limitar la participación de esta población. Para agravar el problema del idioma, muchos trabajadores de la construcción hispanos en los EE.UU. sufren de alfabetización limitada en español, así como en Inglés. La distribución de los logros educativos en la construcción para el año 2000 muestra que el 54% de los trabajadores hispanos no ha logrado el diploma de escuela secundaria. Para el mismo año, sólo el 15% de los trabajadores no hispanos habían alcanzado al menos un diploma de escuela secundaria (CPWR 2002).

OSHA ha estado trabajando para dotar a los empleados con mejores herramientas para garantizar su seguridad en el lugar de trabajo. Esto se ha hecho por diferentes medios, entre ellos las inspecciones de cumplimiento, citaciones y las sanciones. Además de los procedimientos requeridos, OSHA ha estado trabajando para fomentar las prácticas de seguridad entre los contratistas, y la prestación de apoyo a través de cursos sobre cuestiones de seguridad y salud (CPWR 2002). Entre estos esfuerzos, ha habido cada vez más atención a la fuerza laboral hispana. No obstante, el número de víctimas mortales entre los trabajadores hispanos ha aumentado, mientras que el conjunto de estadísticas relativas a los otros subgrupos de población de la mano de obra han disminuido. Por ejemplo, la tasa de mortalidad entre los trabajadores hispanos en la construcción privada aumentó de 10% en 1992 a 20% en 2002 (Richardson, 2005). En la Figura 2 (desarrollada a partir de datos de los EE.UU. Oficina de Estadísticas del Trabajo) se muestra el número de víctimas mortales entre los trabajadores hispanos de 1992 a 2002. Evidentemente, hay una necesidad de más programas eficaces dirigidos a las actitudes y el comportamiento con el fin de mejorar la seguridad general en el lugar de trabajo, especialmente en el lugar de trabajo de construcción.

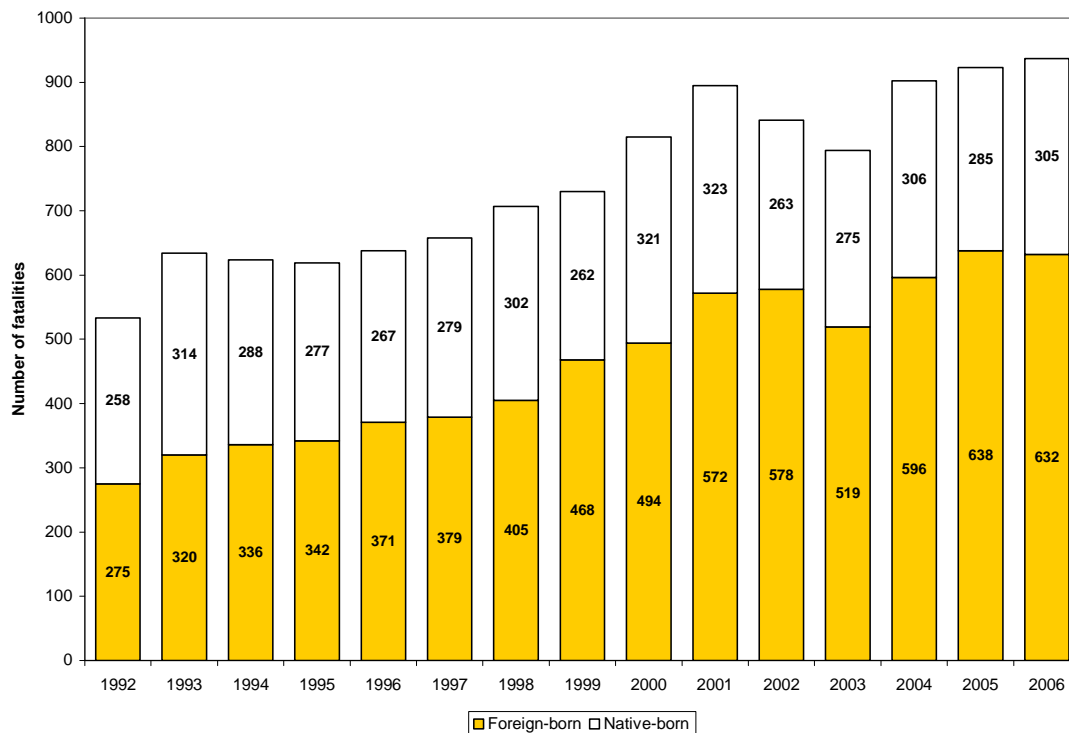


Figura 2. Número de víctimas mortales entre los trabajadores hispanos 1992-2006 EE.UU. Oficina de Estadísticas Laborales (2007).

Cuestiones claves que afectan la seguridad que se han identificado incluyen: los matices de la lengua y la cultura de los trabajadores hispanos, especialmente los nacidos fuera del país, el nivel de alfabetización, el tipo de valores de la sociedad - matriarcal / patriarcal, deferencia a la autoridad, económica, etc. Pinch (2005) destaca las declaraciones formuladas por el Dr. John Howard, Director del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH), que "hay la necesidad de aprender sobre los valores sociales de cada comunidad hispana conseguir transmitir el mensaje de seguridad laboral. Agrupar los trabajadores de habla hispana en una sola categoría puede crear tensión. Tenemos que aprender, y tener en cuenta, las muy reales diferencias culturales entre los trabajadores de México y de los procedentes de países de América Central, de países de América del Sur, de Puerto Rico y de Cuba. Nuestra sensibilidad a estas diferentes culturas afectan cuan exitosos seamos en lograr la seguridad trans-cultural en el lugar de trabajo."

Un estudio reciente realizado por Thomson y Siddiqi (2007) ha discutido la importancia de comprender la cultura de los diferentes grupos hispanos como una buena práctica para mejorar la seguridad entre los trabajadores de la construcción. Este estudio divide a las diferencias culturales en cinco categorías: importancia de la familia, el machismo, situación de inmigración (del trabajador), las diferencias entre los países de origen, y la fiabilidad de los que ejercen autoridad.

Algunos grupos hispanos tienen un gran respeto por sus mayores, algunos son más matriarcal que patriarcal, y otros tienen una fuerte deferencia a la autoridad. Cada uno de estos factores tienen impacto (s) sobre la eficacia de la aplicación de herramientas de entrenamiento en materia de seguridad. El nivel de alfabetización y la exposición previa a la tecnología educacional

también afecta a la aplicación de entrenamiento en materia de seguridad. Los trabajadores extranjeros, de los pueblos rurales, en particular en las zonas devastadas económicamente, pueden tener acceso limitado a la educación secundaria y la exposición a la tecnología.

Otros estudios (Abraham et al. 2004, Arboleda y Abraham 2004) informan de las situaciones en las que los trabajadores hispanos parecen dispuestos a tomar más riesgos, es decir, la imagen del "macho" trabajador de la construcción tiende a prevalecer en las comunidades hispanas. Pinch (2005) explica que los trabajadores hispanos "pueden tomar más riesgos para probar su virilidad o pueden evitar usar equipos de protección como cascos o gafas de seguridad. Las medidas de seguridad que la persona American da por sentada tienen que ser enseñadas."

En interacciones previas del equipo de investigación con los coordinadores de seguridad en la construcción y personas competentes en los lugares de trabajo, encontramos que una grave preocupación surge cuando los trabajadores "pretenden entender las direcciones de seguridad." En muchos casos, la admisión de que las instrucciones no eran comprensibles se considera "ser irrespetuoso a la autoridad." En uno de los casos de accidentes en excavaciones traídos a la atención de nuestro grupo de investigación, la situación en el empleo y la condición económica de los trabajadores fueron claves para entender por qué el trabajador optó por trabajar en condiciones inseguras. En este caso en específico, el trabajador era un inmigrante hispano, que fue contratado en un puesto temporero. Para él, mantener el trabajo para mantener a su esposa y sus dos hijos era más importante que buscar y encontrar más información acerca de la seguridad de operación en la que participaba.

Al un número cada vez mayor de hispanos entra en la industria de la construcción, contratistas se enfrentan a una serie de oportunidades y desafíos, en particular el proveer lugares de trabajo más seguros. Manejar prácticas de seguridad puede presentar un reto especial para las empresas que emplean a personas de diferentes orígenes culturales. La complejidad del problema se basa en varios factores, tales como la percepción de la seguridad y los riesgos, el compromiso de los trabajadores con un comportamiento seguro, la falta de familiaridad con las normas de seguridad, y la disponibilidad de la organización para proporcionar un clima de seguridad.

Prácticas de entrenamiento de seguridad actuales incluyen clases en aulas que utilizan materiales impresos, vídeos, e instructores. Aunque estos materiales están desarrollados en español, estos no atienden cuestiones específicas de la cultura de la mano de obra hispana y no miden los cambios en la percepción del riesgo de los trabajadores lo que puede afectar la seguridad en la obra. Además, la dinámica de aprendizaje en grupo en las culturas hispanas no son considerados en el desarrollo de tales materiales de instrucción.

Nuestro enfoque en este proyecto de investigación es desarrollar el marco para evaluar la percepción del riesgo de los trabajadores hispanos y evaluar si los factores socio-culturales a los que se hace referencia anteriormente, los factores personales, y factores de el ambiente de trabajo influyen en su percepción de riesgo. Mediante el desarrollo de ese marco, intervenciones pueden ser desarrolladas para mejorar la seguridad de esta población especial de los trabajadores eliminando comportamientos potencialmente peligrosos antes de que resulten en lesiones o incluso muertes.

Este documento discutirá entrenamiento de seguridad innovador basado en tecnología de información que atiende los problemas de seguridad identificados entre los trabajadores hispanos de la construcción, a fin de reducir los accidentes de trabajo entre este grupo. El sistema propuesto complementa los sistemas actuales de entrenamiento de seguridad, proporcionando una solución de capacitación interactiva adaptada especialmente para los trabajadores hispanos, y

específicamente los que trabajan en las pequeñas y medianas empresas de construcción (PYME), (<\$ 100 mil de ingreso por año). Estas empresas se enfrentan a importantes desafíos en el desarrollo de estrategias de seguridad, ya que pueden no tener los recursos (financieros o de personal) para dedicarlos exclusivamente a abordar de forma significativa la seguridad en proyectos de construcción. En nuestro análisis previo de 296 informes de accidentes fatales en excavaciones se encontró que el 72% de las muertes ocurrieron en los proyectos con costo total de menos de un millón de dólares (Arboleda y Abraham 2004). Estos proyectos son ejecutados principalmente por pequeñas y medianas empresas, además de enfatizar la necesidad del desarrollo de estrategias especiales de seguridad para ayudar a este segmento de la industria de la construcción. El sistema considera los problemas de seguridad relacionados con sus antecedentes culturales y otros factores identificados que podrían afectar su seguridad en el trabajo.

Antes de discutir el entrenamiento de seguridad mejorado por tecnología de información, es importante proporcionar algunos antecedentes sobre los enfoques tecnológicos para mejorar la seguridad en la obra. Algunas de las tecnologías que se describen tienen un gran potencial de hacer frente a los riesgos en un sitio de trabajo con enfoque en la vigilancia. El objetivo del entrenamiento de seguridad mejorado por tecnología es el de la prevención mediante la identificación de necesidades de entrenamiento y atendiendo estas necesidades antes de que el trabajador se involucre en conductas peligrosas. También es importante señalar que las tecnologías descritas en la siguiente sección van más allá de los tradicionales equipos de protección personal o los controles de ingeniería utilizados hoy en obras de construcción. Los sistemas descritos utilizan un enfoque de alta tecnología para hacer frente a muchos de los peligros que se encuentran en obras de construcción.

Ejemplos de Tecnologías Emergentes para Mejorar la Seguridad en la Construcción

Sistema de Monitoreo Inalámbrico en Obras de Construcción

Un enfoque que ayudaría a reducir fatalidades usando nuevas tecnologías implica la utilización de identificación y posicionamiento activo de equipos, zonas peligrosas, y la ubicación de los trabajadores, con el fin de detectar eventos potencialmente peligrosos antes de que ocurran. Sistemas de Banda Ultra Ancha o “Ultra Wide Band” (UWB) es una nueva tecnología inalámbrica para comunicación y localización precisa. Esta tecnología tiene amplias aplicaciones para redes de comunicación de alta velocidad, enlaces de datos, sistemas de detección de obstáculos y prevención de colisiones, sistemas de localización de personal con alta precisión, seguimiento de activos y control de inventario, y sistemas de transporte inteligentes. Debido a su sistema de baja complejidad, la capacidad de adaptación y los bajos costos, sistemas UWB son una alternativa prometedora a los códigos de barras, Identificación por Radio Frecuencia (RIFD) y Sistemas de Posicionamiento Global (GPS) para el seguimiento de los activos utilizados en la construcción. Además de la detección de equipos de construcción, las zonas de riesgo o de trabajadores, UWB es capaz de posición con un gran nivel de precisión, lo que permite relacionar posiciones con información de Diseño Asistido por Ordenador (CAD) y asistencia en la identificación de posibles peligros en la obra, tales como los causados por los conflictos de espacio entre los trabajadores y los equipos y la proximidad de los trabajadores a condiciones peligrosas en el sitio de trabajo.

Mostrado en la Figura 3 es el modelo conceptual para el Sistema Integrado de Vigilancia Automática y Estimación de Frecuencias Amenazas (i-SAFE-T), que continuamente estima la proximidad de los trabajadores amenazas a la seguridad identificadas en el lugar de trabajo y

automáticamente determina si el trabajador esta en riesgo de lesiones, tomando las medidas necesarias para reducir el riesgo de lesiones para el trabajador. La aplicación de este sistema tiene el potencial de reducir la ocurrencia de accidentes en obras, salvando a los trabajadores de un sinnúmero de lesiones y muertes (Castro et al. 2007)

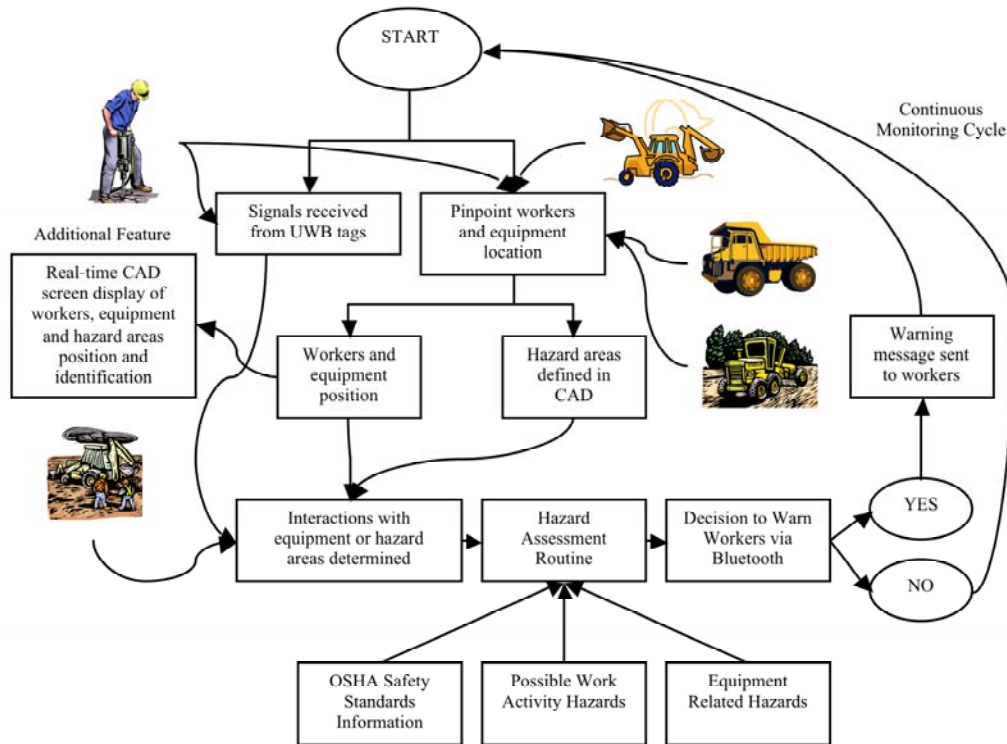


Figura 3. Modelo Conceptual del Sistema i-Safe-T.

Tecnologías Visuales para la Evaluación de Seguridad

Una investigación por Teizer (2007) identificó que la clasificación automatizada de los suelos, medición de dimensión el medio ambiente de trincheras, seguimiento de trinchera utilizando las nuevas tecnologías y herramientas de tratamiento de datos tienen el potencial para mejorar aún más la seguridad en los trabajos de excavación. También presento trabajo inicial de investigación en la detección de objetos en movimiento y estáticos en trincheras clasificadas como roca estable una utilizando una cámara de video 3D en tiempo real conocida como “range imaging”. El foco del estudio era detectar y rastrear objetos en las trincheras para advertir a los trabajadores de posibles situaciones peligrosas. Esto se logró mediante la búsqueda de la ubicación precisa de un trabajador o cualquier otro recurso (por ejemplo, mano de obra, materiales, equipos) en la trinchera. El modelo 3D resultante fue integrado en un sistema de evasión de obstáculos en 3D donde todos los lugares de construcción de los recursos se almacenan y se realizó un seguimiento en tiempo real. El resultado esperado es la prevención de accidentes, como atrapado por o contacto con equipo pesado. Un ejemplo de la aplicación de esa tecnología descrita por Teizer (2007) fue el de un grupo de trabajo de una obra que incluye las máquinas (por ejemplo, la instalación de elementos prefabricados de tuberías con una retroexcavadora), cuando una

advertencia visual o acústica es provista al operador en una trinchera si la carga fuera colocada demasiado cerca o por encima de los trabajadores y ambos fueron reconocidos por la cámara 3D.

Tanto la vigilancia de la seguridad inalámbrica como tecnologías visuales para la evaluación de la seguridad tienen un gran potencial para mejorar la seguridad en la obra. Estas tecnologías podrían permitir que se apliquen las tareas relacionadas con la seguridad tales como;

- la estimación de la proximidad continua de los trabajadores a riesgos para la seguridad y determinar automáticamente si el trabajador está en riesgo de lesión.
- en tiempo real de evaluación de la trinchera y la profundidad en la ladera inestable, donde los suelos en pendiente se utiliza en lugar de un cuadro de trinchera.
- Indicación causa de accidentes de trabajo y puesto caso de simulación, por ejemplo, negro cuadro de grabación de los datos sobre accidentes que posteriormente pueden ser analizados y utilizados con fines de formación.
- Clasificación de los tipos de suelo automáticamente en 3D a base de textura expuesta durante la excavación.

Realidad Virtual y el Entrenamiento de Seguridad

Soedarmono et al. (1996) desarrolló un modelo de Realidad Virtual (VR) para el entrenamiento de trabajadores de la construcción. El modelo consistía en un entorno virtual de la construcción que incorpora plataformas de trabajo que se sabe presentan riesgos de caída para los trabajadores. Las plataformas de trabajo representadas fueron bordes, aperturas en paredes y piso, parte superior de paredes y escaleras. Los respectivos dispositivos de seguridad fueron incorporados en cada una de estas plataformas. El trabajador en entrenamiento se movería en el medio ambiente virtual y cuando una de las plataformas de trabajo designadas era alcanzada, ventanas con mensajes visuales serían presentadas. Estas ventanas contienen información real de la norma de seguridad de OSHA aplicables a la situación particular. Además, una explicación de audio sobre posibles estrategias que el trabajador podría aplicar para mejorar la seguridad en el interior de la plataforma de trabajo sería proporcionada. Una limitación de esta aplicación es que el usuario observa el entorno virtual en un monitor de ordenador, limitando el aspecto de inmersión del medio ambiente.

Tawfik y Fernando (1999) desarrolló una herramienta de simulación que utiliza la tecnología de la VR para la organización de la obra teniendo en cuenta productividad y seguridad. Esta herramienta fue utilizada para estudiar las posibles mejoras en productividad y seguridad al minimizar los tiempos de viaje para actividades como la entrega de material, movimiento de equipos y materiales, y el movimiento de la mano de obra. La seguridad puede mejorarse reduciendo al mínimo los riesgos asociados a las zonas peligrosas cerca de equipos y procesos.

Shiratumddin y Thabet (2003) desarrolló un sistema de revisión del diseño en un entorno virtual (EV), el cual permite que las instalaciones a ser representadas por un ambiente virtual en tres dimensiones (3D), pueda ser actualizado en tiempo real para reflejar los cambios y las modificaciones hechas por el usuario. El sistema utiliza herramientas de desarrollo de juegos 3D comercialmente disponibles y asequibles. Los beneficios de este sistema son la reducción en el ciclo de examen del diseño y la detección temprana de conflictos diseño.

Las investigaciones realizadas en el Laboratorio de Investigación de Fuego y Edificaciones del Instituto Nacional de Estándares y Tecnología exploraron el uso de la Lenguaje de

Modelación de Realidad Virtual (VRML) para aplicación en la industria de la construcción (Lipman y Kent 2000). Modelación de la información geométrica de los elementos estructurales de acero y equipo de construcción fue utilizado en este enfoque. Posibles aplicaciones de la metodología de modelación son el seguimiento de materiales desde su llegada a la obra hasta su montaje final y funcionamiento de equipo controlado por el usuario. Esto permitirá un seguimiento en tiempo real de los progresos de las actividades de construcción y el desarrollo de instrumentos de capacitación para operadores de equipos.

Irizarry y Abraham (2005) propusieron un Medio Ambiente Construcción Virtual para la Erección de Acero Estructural (Virtual Construction Environment for Steel Erection, VCESE). En este sistema, los diferentes escenarios de la erección de acero podrían construirse utilizando diversas configuraciones geométricas de los miembros de acero y de las condiciones ambientales. Los experimentos se llevarán a cabo mediante la selección de una tarea de montaje de acero y seleccionando el escenario deseado. El desempeño del participante en el experimento podría ser evaluado para medir cómo las condiciones seleccionadas afectan su desempeño. Otra función del sistema sería la de proporcionar entrenamiento de seguridad a trabajadores sin exponerlos a peligro físico real.

Los ejemplos de aplicaciones de la tecnología de realidad virtual para entrenamiento de seguridad demuestran que existe un gran potencial para mejorar las prácticas actuales de entrenamiento, proporcionando herramientas que proveen una visión realista de los riesgos de seguridad, sin poner a los trabajadores en riesgo real de daño. Se necesita más desarrollo en este campo antes de que la tecnología pueda ser utilizada ampliamente por la industria de la construcción.

Entrenamiento de Seguridad Tecnológicamente Mejorado para El Trabajador de la Construcción Hispano

Conceptos de Percepción de Riesgo

Antes de que podamos describir el concepto de entrenamiento basado en la percepción del riesgo de seguridad, tenemos que proporcionar alguna información de trasfondo sobre comportamiento y la asunción de riesgos, causalidad de accidentes, y factores que influyen en el desempeño de seguridad. Luego de haber proporcionado la información necesaria, entonces se proporcionan más detalles sobre cómo la percepción del riesgo puede ser utilizada como un medio proactivo de la manejo de seguridad, proporcionando entrenamiento de seguridad dirigido a las áreas donde una reducción en la percepción del riesgo puede dar lugar a accidentes y lesiones en el lugar de trabajo.

Existen numerosas definiciones de riesgo, entre las que se encuentran la existencia de amenazas a la vida o la salud (Fischhoff et al, 1981), la exposición a la posibilidad de daño o pérdida (Hertz y Thomas, 1983), y la probabilidad de que se produzcan daños (Comisión de Salud y Seguridad, 1995). Toma de riesgos puede definirse como el seguir un curso de acción seleccionado al final de un proceso probabilístico. El comportamiento riesgoso ha sido identificado como una de las principales causas de accidentes (Wagenaar, 1992). En muchos informes de accidentes, las causas de los accidentes se atribuyen a la irresponsable infravaloración o la aceptación de riesgo. Esto lleva a la hipótesis de que riesgo erróneamente estimado o riesgo aceptado conscientemente es una de las principales causas de accidentes.

Dos teorías de riesgo relevantes en este artículo son la teoría de homeostasis del riesgo (Wilde, 1982) y la teoría de cero riesgo (Näätänen y Summala, 1974; 1976). La teoría de la homeostasis del riesgo indica que el comportamiento de un individuo en situaciones de riesgo está determinada por el deseo de minimización de costos, que explica cómo puede estar de acuerdo con los riesgos, incluso los riesgos subjetivamente percibidos, sin que nunca se repite un proceso consciente de evaluación de riesgos. Esta teoría sugiere que ninguna medida de seguridad ayudara a reducir el riesgo y que medidas de control de riesgos deben ser sustituidas por medidas de control de costos. La teoría cero riesgo establece que las personas buscan situaciones en las que no hay riesgo. Fuerzas que desempeñan un papel en este modelo son la percepción, experimentación, y motivación. Ambas teorías son importantes para el estudio de la percepción del riesgo de los trabajadores hispanos, ya que se relacionan las distintas dimensiones de la percepción del riesgo con el resultado de comportamientos en situaciones de riesgo. La comprensión de estas relaciones pueden contribuir al desarrollo de programas de entrenamiento de seguridad dirigidos a la percepción del riesgo de los trabajadores como método de prevención y evasión de peligros.

La experiencia de los trabajadores de la construcción y sus conocimientos de seguridad son factores importantes a considerar en la evaluación de la percepción del riesgo de los trabajadores hispanos. En un estudio de percepción de riesgos y estimación del riesgo en la causalidad de accidentes, Zimolong (1985), encontró que los niveles aceptables de riesgo son establecidos como resultado de experiencias anteriores y la cognición. Información acerca de los factores causantes de accidentes se ha obtenido mediante la investigación de las condiciones de trabajo y conducta personal en situaciones peligrosas. Él llegó a la conclusión de que los trabajadores son más propensos a subestimar las situaciones de alto riesgo si han tenido una larga experiencia con estos riesgos.

El comportamiento de los trabajadores en materia de seguridad puede verse influido por la percepción del trabajador de lo que es seguro o inseguro. Basado en esta percepción, se toman las decisiones de cuando a adoptar o no adoptar las precauciones de seguridad necesarias. Esta relación fue observada por Huang y Hinze (2003), que encontraron que aproximadamente el 33.3% de accidentes por caídas son causados por interpretación errónea de los trabajadores sobre las situaciones peligrosas.

Otros factores pueden afectar a la seguridad en las obras de construcción aumentando la probabilidad de accidentes. Toole (2002) encontró que la falta de entrenamiento adecuada, ejecución deficiente de las conductas de seguridad, no usar siempre equipo de seguridad, y las malas actitudes hacia la seguridad se encuentran entre las causas principales de accidentes en la construcción. Falta de entrenamiento adecuada puede limitar la capacidad de un trabajador para reconocer y evitar una situación peligrosa y, por tanto, aumentar el riesgo de accidentes. Deficiente aplicación de la seguridad pueden aumentar el riesgo de accidentes ya que los trabajadores tienen menos dirección sobre las normas de seguridad aplicables y hay menos control de los comportamientos inseguros. El uso incorrecto de los equipos de seguridad es una causa frecuente de accidentes en la construcción. El riesgo de accidentes aumenta cuando el equipo de seguridad no se utiliza con eficacia. En muchos casos, el uso de equipos de seguridad se reduce cuando el trabajador percibe que su desempeño se verá afectado negativamente. La percepción que el uso de equipos de seguridad afecta a la ejecución fue investigado por Irizarry et al. (2004) y Irizarry y Abraham (2006). Los estudios indicaron que la duración de tareas en la erección de acero se incrementaron sólo en pequeños niveles cuando se utilizó el equipo de

protección contra caídas. Esto niega la creencia de que el uso de equipos de seguridad reduce la productividad hasta el punto de justificar la reducción de uso de equipo de protección personal.

Pobre actitud de los trabajadores hacia la seguridad implica creencias, valores y ética de trabajo. Los trabajadores pueden haber sido entrenados correctamente, pero una mentalidad "hombrote" les impide evitar riesgos de trabajo (Toole, 2002). Dado que las causas discutidas son de naturaleza de comportamiento, los factores que intervienen en el proceso de causalidad se puede utilizar para aprender acerca de la percepción del riesgo de los trabajadores.

Estudios de investigación previos han identificado una serie de factores que podrían afectar la seguridad en el sitio de construcción. Hinze y Gambatese (2003) identificaron varios factores que influyen en la seguridad de los contratistas de especialidad (contratistas mecánicos y para techos). Este estudio comparó los factores que se cree tienen impacto en la seguridad con la mediana del índice de lesiones de los contratistas de especialidad encuestados. Este estudio llegó a la conclusión de que factores tales como el volumen de negocios, programas de detección de uso de drogas, el entrenamiento de los trabajadores, la participación de las asociaciones comerciales, y inspecciones de seguridad pueden afectar significativamente la seguridad de los contratistas de especialidad. Programas de incentivos de seguridad también se consideraron en el estudio, pero pruebas sólidas para apoyar su eficacia en la reducción de lesiones no fue encontrada. Recomendaciones que resultaron de las conclusiones de este estudio incluyeron la reducción al mínimo del volumen de negocios, la aplicación de pruebas de detección de uso de drogas, y entrenamiento con la asistencia de las asociaciones comerciales (Hinze y Gambatese, 2003). Ahmad y Gibb (2003) identificaron la presencia de un oficial de seguridad y conversaciones de caja de herramientas (tool-box talks), como algunas de las medidas de control de seguridad (MCS) que afectan la seguridad en las obras de construcción.

La relación entre la edad de los trabajadores y el número de fatalidades fue considerada por Chen y Fosbroke (1998), Buskin y Paulozzi (1987), Kisner y Fosbroke (1994), y Kisner y Pratt (1997). Estos estudios sugieren que los trabajadores de la construcción de más edad tienen un mayor riesgo de lesión. Estatura y peso son dos factores que resultaron afectar el desempeño seguridad. Kelsey y Golden (1998) encontraron que los trabajadores con menor que o mayor que el índice de masa corporal óptimo tienen un mayor riesgo de lesiones en la espalda. Es importante tener en cuenta factores tales como los descritos proporcionan valiosa información para el desarrollo de metodologías de entrenamiento que permiten la evaluación de la percepción del riesgo de los trabajadores de la construcción teniendo en cuenta sus singulares antecedentes y características socioculturales. Las siguientes secciones describen la metodología propuesta para evaluación de riesgos y sistemas de entrenamiento de la fuerza laboral hispana.

Con los continuos cambios en la fuerza laboral de la industria de la construcción, los contratistas se enfrentan al reto de proporcionar seguridad en los lugares de trabajo en diferentes maneras. Empresas de construcción tienen que desarrollar estrategias eficaces que incorporen las necesidades de una fuerza laboral diversa. La seguridad y la motivación de una fuerza de trabajo de construcción a fin de evitar situaciones de riesgo es fuertemente influenciada por los antecedentes culturales y las percepciones de aceptación en el grupo social al que pertenecen. Hacer frente a las prácticas de seguridad puede presentar un reto para las empresas que emplean a personas de diferentes orígenes culturales. La complejidad del problema se ve agravada por factores específicos de los trabajadores tales como la percepción de la seguridad y riesgo, la participación de trabajadores en comportamiento seguro, experiencia de trabajo, accidentes o lesiones anteriores, así como factores de ambiente de trabajo como entrenamiento de seguridad y las prácticas de manejo de la seguridad de los empleadores.

Entrenamiento de Seguridad Basado en la Percepción de Riesgo

El objetivo de la metodología presentada es desarrollar el marco para evaluar la percepción de riesgo de los trabajadores hispanos y evaluar si los factores socio-culturales, específicos a los trabajadores, factores de entorno de trabajo específicos de esta población de trabajadores influye en su percepción del riesgo. Las intervenciones desarrolladas con este marco tienen el potencial para mejorar la seguridad de los trabajadores hispanos de la construcción a través de las muchas áreas de la industria de la construcción, considerando la percepción del riesgo de los peligros y comportamientos peligrosos, como una de las causas principales de accidentes. Al identificar los factores que influyen en la percepción del riesgo de los trabajadores hispanos, controles de seguridad apropiados (entrenamiento, ingeniería, vigilancia, o la remoción del trabajador del ambiente peligroso) pueden ser implementados. Los objetivos principales de la metodología propuesta son:

- **Desarrollar un marco para evaluar las percepciones de riesgo de los trabajadores hispanos a base de la evaluación de factores socio-culturales, personales y de ambiente de trabajo y sus impacto en la seguridad.** Esta será la base para el desarrollo de intervenciones para comunicar los riesgos de seguridad inherentes a las operaciones de construcción y prevención de lesiones y muertes en este grupo de trabajadores.
- **Desarrollar y probar un sistema de alerta temprana basado en la percepción del riesgo para la seguridad de trabajadores hispanos de la construcción que emplea la percepción del riesgo como un método de evaluación de la prevención de accidentes.**

El objetivo final de la investigación es reducir el número de lesiones y muertes entre los trabajadores hispanos en la construcción a base de métodos de intervención temprana en lugar de intervenciones después de los hechos o de amplia vigilancia. La investigación propuesta se basa en una colaboración entre el equipo de investigación, las empresas que apoyan el estudio, y la fuerza laboral de construcción que se beneficiará directamente por los resultados.

El proyecto de investigación aborda los componentes de los distintos objetivos estratégicos de la Agenda Nacional de Investigación Ocupacional (NORA) Programa Nacional de la Construcción (NORA - 2008): (a) **Objetivo estratégico 1.0: Caídas**, (b) **Objetivo estratégico 3.0: Peligro de ser Golpeado por Objetos o Equipo**, (c) **Objetivo estratégico 8.0: Cultura de Construcción**, (d) **Objetivo estratégico 9.0: Industria de la Construcción y la organización del trabajo (énfasis en contratistas pequeños y medianos)**, (e) **Objetivo Estratégico 11.0: Problemas de entrenamiento y educación**, y (f) **los trabajadores vulnerables (énfasis en los trabajadores hispanos)**.

Algunas de las ventajas de este sistema son:

- Un enfoque individualizado y de bajo costo de entrenamiento de seguridad que pueda ser utilizado por las PYME.
- La capacidad de proporcionar re-entrenamiento o repasos de entrenamiento previo para cada trabajador a así reforzar conceptos de seguridad importantes.
- Evaluación inmediata de la comprensión de los objetivos de aprendizaje, la cual no es siempre posible con los métodos tradicionales de capacitación.
- Un sistema expandible que se puede utilizar para entrenamiento en diferentes áreas de las operaciones de construcción, tales como la operación de equipo pesado, espacios confinados, trabajos eléctricos, y muchos otros.

- La capacidad de medir los cambios en la percepción del riesgo del trabajador a través del tiempo permitiendo a la empresa hacer frente a problemas potenciales antes de que deriven en lesiones o muertes en el lugar de trabajo.

Factores incluidos en el desarrollo inicial de la metodología que han sido identificados como cuestiones que afectan a la seguridad incluyen: los matices de la lengua y la cultura de los trabajadores hispanos, especialmente los nacidos fuera del país, el nivel de alfabetización, el tipo de valores sociales - matriarcal / patriarcal, deferencia a la autoridad, nivel económico, la brecha "tecnológica" percibida, y las cuestiones de "ser irrespetuoso a la autoridad", si admite que las instrucciones no eran comprensibles. Una breve descripción de los componentes principales de la metodología de investigación de da a continuación:

1. Fase 1 - Evaluación de los factores de seguridad. El objetivo de esta fase es identificar los factores de seguridad más relevantes relacionadas con las actividades de interés (por ejemplo, excavación, techos, la erección de acero, etc.) Esta evaluación se realiza mediante la evaluación de estudios previos de seguridad en la construcción, grupos focales y un cuestionario ambos dirigidos a los trabajadores hispanos, y visitas a obras.

2. Fase 2 - Identificación y evaluación de las prácticas de entrenamiento en seguridad. El objetivo de esta fase es identificar lo prácticas de entrenamiento de seguridad más relevantes relacionadas con las actividades de construcción de interés. Un segundo cuestionario se desplegará con el fin de clasificar las prácticas aplicadas por las empresas de construcción y su éxito en la atención de las necesidades de los trabajadores hispanos en términos de su comprensión de los peligros del sitio de empleo.

3. Fase 3 - Desarrollo de sistema de entrenamiento de seguridad mejorado por tecnologías de información. Una vez que las prácticas más relevantes han sido identificadas y evaluadas, un sistema de entrenamiento de seguridad que utiliza tecnología de pantalla táctil interactiva e incorpora los factores que influyen en las percepciones de los trabajadores hispanos de la seguridad será desarrollado.

4. Fase 4 - Pruebas y evaluación de sistema de entrenamiento. Estas sistema de entrenamiento de seguridad utilizara ensayos aleatorios de intervenciones educativas para probar su eficacia en la mejora de la capacidad del los trabajadores hispanos de ser conscientes de los peligros del sitio de empleo. Los resultados de pruebas del sistema serán evaluados y comparados con los resultados de las prácticas de entrenamiento de seguridad identificadas en la fase anterior. Un importante indicador que se utilizará en la fase de prueba es el análisis de los cambios en la percepción del riesgo de los trabajadores hispanos en las tareas que realizan. Además, los resultados del aprendizaje serán evaluados y comparados con los resultados de las prácticas de entrenamiento seguridad identificadas en la segunda fase del estudio.

Conclusiones

No hay duda de que la construcción sigue siendo una de las ocupaciones más peligrosas en la economía de los EE.UU.. Tradicionalmente, los profesionales de la construcción han estado abordando las cuestiones de seguridad en los lugares de trabajo mediante la aplicación de enfoques tales como el entrenamiento, reuniones de caja de herramientas (tool-box meetings), incentivos monetarios, reuniones de seguridad diarias, etc. Todas estas metodologías tienen como objetivo aumentar la conciencia de los trabajadores de la construcción con respecto a situaciones peligrosas en el lugar de trabajo . Sin embargo, la tecnología actual hace que sea difícil para

supervisar si los trabajadores están siguiendo sus directrices de seguridad durante la ejecución de sus actividades o evaluar totalmente la comprensión de los conceptos transmitidos por el entrenamiento recibido. Como resultado, los accidentes y las muertes siguen produciéndose en los sitios de trabajo, incluso después de una extensa capacitación y supervisión. Los avances tecnológicos en Equipo de Protección Personal (PPE) han mejorado la seguridad mediante la protección de los trabajadores contra lesiones o reduciendo mínimo las lesiones si se produce un accidente. Pero hay otras tecnologías que aún no se han utilizado para lograr el objetivo de reducir las lesiones y muertes en la construcción. Algunas de las tecnologías descritas en este artículo son monitoreo inalámbrico de seguridad de obra, tecnologías visuales para la evaluación de la seguridad, y la realidad virtual para la entrenamiento de seguridad. Este artículo presenta un enfoque innovador para abordar las necesidades de seguridad de los trabajadores hispanos mediante el desarrollo de una metodología que implica el desarrollo de sistemas de entrenamiento de seguridad tecnológicamente mejorados basados en la evaluación de percepción de riesgo. El resultado esperado de la metodología propuesta es un sistema interactivo de entrenamiento. Este sistema que toma ventaja de tecnología portátil se puede utilizar en el lugar de trabajo y incorporará las cuestiones relacionadas a la mano de obra hispana que puedan afectar u comprensión y percepción de riesgos para la seguridad en las numerosas actividades de construcción que llevan a cabo .

Bibliografía

- Abraham, D. M., McGlothlin, J. D., Halpin, D. W., and Hinze, J. (2004). "Construction Safety Alliance – Examining Causes of Construction Injuries and Defining Best Practices That Improve Safety Performance." *Construction Information Quarterly*, Chartered Institute of Building, Ascot, U.K.
- Arboleda, C. A. and Abraham, D. M. (2004). "Fatalities in Trenching Operations – Analysis Using Models of Accident Causation." *J. of Construction Engineering and Management*, *American Society of Civil Engineers - ASCE*, 130(2) 273-280
- Ahmad, R. K., and Gibb, A. G. F. (2003). "Measuring safety culture with SPMT - field data." *J. of Construction Research*, 4(1), 29-44
- Bureau of Labor Statistics (BLS). 2002. *National Census of Fatal Occupational Injuries in 2001*, U.S. Department of Labor, Washington, D.C.
- Buskin, S. E., and Paulozzi, L. J., (1987). "Fatal injuries in the construction industry in Washington State". *Am J. Industrial Medicine*, 11, 453-460.
- Castro, D., Irizarry, J., and Arboleda, C. A. (2007) "Ultra Wideband Positioning System And Method For Safety in Building Construction Sites" *2007 Construction Research Congress*, Grand Bahama Island, Bahamas, May 2007
- Chen, G. X., and Fosbroke, D. E., (1998). "Work-related fatal-injury risk of construction workers by occupation and cause of death." *Human and Ecological Risk Assessment*, 4(6), 1371-1390
- CPWR (2002). *The Construction Chart Book: The U.S. Construction Industry and its Workers*. The Center to Protect Workers' Rights, Silver Spring, MD.
- Dong, X., Men, Y., and Haile, E. (2005). "Work-Related Fatal and Non-Fatal Injuries among U.S. Construction Workers, 1992-2003". *Report to The Center to Protect Workers' Rights*. Silver Spring, MD.

- Fischhoff, B., Lichtenstein, S., Slovic, P., Derby, S. L., and Keeney, R. L. (1981). *Acceptable risk*. New York: Cambridge University Press.
- Health and Safety Commission. (1995) *Designing for health and safety in construction*, HSE Books, London.
- Henshaw, J (2002). “*Congressional Testimonies: Occupational Safety and Health Administration’s Efforts to Protect Immigrant Workers.*” Washington, DC: Occupational Safety and Health Administration, U.S. Department of Labor.
- Hinze, J., and Gambatese, J. (2003). “Factors that influence safety performance of specialty contractors.” *J. Constr. Engrg. Mgmt.*, ASCE 129(2), 159-164
- Hopkins, Jim. 2003. “Fatality rates increase for Hispanic workers,” *USA Today*, March 12.
- Huang, X., Hinze, J., (2003). “Analysis of Construction Worker Fall Accidents.” *J. Constr. Engrg. Mgmt.*, ASCE 129(3), 262-271
- Irizarry, J., Simonsen K.L., and Abraham, D.M. (2004). “Effect of Safety and Environmental Variables on Task Durations in Steel Erection.” *J. of Construction Engineering and Management*, ASCE 131(12), 1310-1319
- Irizarry, J., Abraham, D.M. (2005) “Application of Virtual Reality Technology for the Improvement of Safety in the Steel Erection Process” *ASCE International Conference on Computing in Civil Engineering*, Cancun, Mexico, July 2005 (in print).
- Irizarry, J., and Abraham, D.M. (2006) “Assessment of Risk Perception of Ironworkers.” *J. of Construction Research*, Volume 7 Number 1 & 2 March and September 2006 111-132
- Jaselskis, E. J., Anderson S.D., and Russell, J.S. (1996). “Strategies for Achieving Excellence in Construction Safety Performance” *J. Constr. Engrg. Mgmt.*, ASCE 122(1), 61-70.
- Jaselskis, E. J., Cackler, E. T., Jahren, C. T., Canales, A. and Abrelaez, M. (2004). “Developing an Effective Construction Training Program for Hispanic Supervisors and Craft Workers.” CTRE Project 03-132. Report to the Center for Transportation Research and Education, Iowa Department of Transportation.
- Kelsey, J. L., and Golden, A. L. (1998). “Occupational and workplace factors associated with low back pain.” *Occupational Medicine: State of Arts Reviews*, 3(1), 7-16
- Kisner, S. M., and Fosbroke, D. E. (1994). “Injury hazards in the construction industry.” *J. Occupational Medicine*, 36, 137-143
- Kisner, S. M., and Pratt, S. G. (1997). “Occupational fatalities among older workers in the United States: 1980-1991.” *J. Occupational and Environmental Medicine*, 39, 715-721
- Lipman, R., and Kent, R. (2000). “Using VRML In Construction Industry Applications.” *Web3D - VRML 2000 Symposium*, Monterey, CA, February 21-24, 2000.
- Näätänen, R., and Summala, H. (1974). “A model for the role of motivational factors in drivers’ decision making.” *Accident and Prevention*, 6, 243-261
- Näätänen, R., and Summala, H., (1976). *Road user behavior and traffic accidents*. Amsterdam: North-Holland.
- Pinch, L., “Safety and the Hispanic Worker” *Construction Executive, Associated Builders and Contractors* <http://www.abc.org/wmspage.cfm?parm1=2758>> Last accessed: January 2005.

- Richardson, S., (2005). "Fatal work injuries among foreign-born Hispanic workers". Office of Compensation and Working Conditions. *Monthly Labor Review*. Bureau of Labor Statistics. <http://www.bls.gov/opub/mlr/2005/10/ressum.pdf> (accessed: December 5 2007).
- Ruttenberg R., and Lazo, M. (2004) "Spanish-Speaking Construction Workers Discuss Their Safety Needs and Experiences" Residential Construction Training Program Evaluation Report, *Ruth Ruttenberg and Associates*, Bethesda, Maryland.
- Shiratuddin, M.F. and Thabet, W. (2003) "A Framework for a Digital Design Review System Utilizing 3D Game Development Tool", *Proceedings of the 20th CIB W78 Conference on Information Technology in Construction*, Waiheke Island, Auckland, New Zealand, 23-25 April 2003.
- Soedarmono, D.R., Hadipriono, F.C. and Larew, R.E., "Using Virtual Reality to Avoid Construction Falls", *Proceedings of the Third Congress held in conjunction with A/E/CSystems '96*, Anaheim, California, 1996, 899-905
- Tawfik, H. and Fernando, T. (1999). "A Simulation Tool for Multi-Perspective Site Layout Analysis" *Proceedings of the European conference on product and process modeling*, Slovenia, September, 2002.
- Teizer, J. (2007). "Rapid Surveillance of Trenches for Safety", *Proceedings of the Construction Research Congress*, Freeport, Bahamas, May 6-8, 2007
- Thomson, P., and Siddiqi, K. (2007) "Best Practices for Improving Safety among Hispanic Construction Workers" *43rd Annual International Conference of Associated Schools of Construction*, Flagstaff, Arizona, April 12-14, 2007
- Toole, T. M. (2002). "Construction site safety roles." *J. Constr. Engrg. Mgmt.*, ASCE 128(3), 203-210
- Wagenaar, W. A. (1990) *Risk Evaluation and the Causes of Accidents*. In Borcharding, K., Laricher, O.I., and Messick (EDS), *Contemporary Issues in Decision Making*. Amsterdam: North Holland.
- Wilde, G. J. S. (1982) "The theory of risk homeostasis: Implications for safety and health." *Risk Analysis*, 2, 209-225
- Zimolong, B. (1985). "Hazard perception and risk estimation in accident causation." In R. Eberts, & C. Eberts (Eds.), *Trends in ergonomics/human factors II*. 463-470. Amsterdam: Elsevier.