

Projeto de Pesquisa em Realidade Aumentada Móvel

Identificação da proposta

I. Introdução

A motivação para esta proposta de pesquisa vem da constatação que a adição de informação a objetos físicos no mundo ao nosso redor traz grandes benefícios para todos, com aumento da qualidade de vida. Tal prática não é algo inusitado e já vem sendo adotada há muito tempo: ruas e avenidas recebem nomes e placas de identificação para facilitar deslocamentos pela cidade e entregas de mercadorias e correspondências, ônibus recebem números que identificam o percurso, produtos a venda em lojas e mercados exibem uma lista de ingredientes e informações nutritivas, obras públicas apresentam placas com informação sobre a ação do governo, etc.

Ao mesmo tempo, a quantidade e qualidade da informação existente a respeito destes mesmos objetos é muito mais rica do que a disponibilizada atualmente:

- i. ruas e avenidas poderiam ter informação sobre qualidade do ar, taxa de criminalidade, pontos turísticos, casas e apartamentos a venda, etc.
- ii. usuários de ônibus e turistas se beneficiariam caso soubessem quais linhas os levariam ao destino desejado, onde descer do ônibus, horários, etc.
- iii. consumidores se beneficiariam ao saber sobre certificação orgânica, quantidade de carbono gerada na manufatura do produto, preço de similares, vídeos explicativos, etc.
- iv. contribuintes se sentiriam mais respeitados se obras exibissem um cronograma, simulações 3D do que está sendo feito, como foi aprovada, possibilidade de se deixar comentários e comunicar-se com os executores, etc.

É importante notar que as informações, vídeos, simulações, animações, etc. a que nos referimos na lista anterior normalmente já existem em algum sistema computacional, contudo não é possível acessá-los no local e momento onde estes seriam mais relevantes.

Um último exemplo para ilustrar o benefício de se aumentar a riqueza da informação exibida junto ao objeto físico: muitos consumidores de aparelhos eletrônicos e de computação se utilizam da internet para procurar informação sobre os produtos e compará-los. Também vão a lojas de eletrônicos para poder ver e tocar os produtos, já que pela internet não é possível ter a sensação tátil, largamente explorada por *designers* para levar o cliente a dar preferência a um fabricante.

Acreditamos que nos exemplos apresentados e em outras situações do dia a dia, a experiência tátil, visual, auditiva, etc. deveriam ser todas oferecidas no mesmo lugar e ao mesmo tempo, e esta é nossa intenção com este projeto de pesquisa.

II. Realidade Aumentada

Uma tecnologia desenvolvida em instituições de pesquisas nos EUA e Europa permite que a informação gerada por computadores seja visualizada sobreposta ao mundo real. Esta tecnologia é chamada de realidade aumentada (*augmented reality* em inglês). As redes de televisão têm adicionado informação gerada pelo computador às imagens gravadas pelas câmeras. Por exemplo: nos EUA, em jogos de futebol americano, as redes de televisão usam o *first and ten*, desenvolvido pela Sportvision¹ que mostra ao telespectador, durante o jogo, uma linha amarela virtual indicando no campo a distância de dez jardas da posição inicial do time atacante. A Rede Globo usa recurso semelhante em jogos de futebol exibidos no Brasil quando mostra a distância e velocidade da bola em alguns lances. Tecnologia semelhante também é utilizada para mostrar anúncios virtuais como se estes estivessem posicionados ao redor do gramado do campo de futebol.

Em nossa opinião, a tecnologia de realidade aumentada hoje em dia está na mesma situação que a Internet se encontrava nos anos 80: restrita a grandes grupos que utilizam tal tecnologia para raras aplicações em situações específicas. O próximo passo na caminhada em direção à convergência digital e democratização da informação consiste em levar esta tecnologia que hoje está restrita a poucos institutos de pesquisa e grandes redes de televisão a cada usuário de telefonia celular, possibilitando que estes visualizem e adicionem informação ao mundo real com a finalidade de enriquecer a compreensão da informação e do mundo.

Traçando um paralelo com a Internet, para que a realidade aumentada seja adotada em larga escala faz-se necessário o desenvolvimento de: um visualizador, protocolos padrões para transmissão e ferramentas de autoria de conteúdo. Acreditamos também que a plataforma ideal para que seja possível obter grande impacto e tornar realidade os exemplos apresentados na introdução é a base de telefones celulares do tipo *smartphone* associados à *cloud computing*.

Este projeto tem a finalidade de desenvolver a Realidade Aumentada Móvel, isto é a tecnologia de realidade aumentada para a plataforma móvel com o intuito de permitir que os exemplos apresentados na introdução tornem-se realidade.

III. Justificativa

Atualmente, a internet se encontra presente em várias atividades necessárias a uma sociedade moderna: banco, transporte, comércio, entretenimento, etc., contudo, no início dos anos 80, era utilizada de forma bastante rudimentar em institutos de pesquisa e agências de defesa dos EUA. O desenvolvimento de um visualizador (*mosaic browser*), de um protocolo de transmissão de informação (*http*) e facilidade de criação de conteúdo (formato *html*) permitiram a difusão da World Wide Web e o conseqüente impacto na sociedade, gerando melhoria do padrão de vida e ganhos socioeconômicos como conseqüência do maior acesso à informação, redução das ineficiências e maior produtividade.

A evolução natural da internet é que esta passe a ser totalmente móvel, aproveitando-se da existência e larga penetração de plataformas móveis, como telefones celulares do tipo *smartphones*. A Qualcomm, empresa que desenvolve tecnologia para telefonia celular, reportou em seu blog² que em março de 2010 passou-se 1 bilhão de assinantes com telefones 3G no mundo, com crescimento de mais de 30% sobre 2009. Usando dados fornecidos pela *Wireless Intelligence*, o autor do blog espera aproximadamente 2,8 bilhões de assinantes 3G até 2014. O autor prevê que China, Índia e Brasil irão liderar o crescimento nesta década.

Os mais de 1 bilhão de telefones 3G em uso no mundo, bem como o vigoroso crescimento no Brasil nos últimos anos – de menos de 2 milhões em março de 2009 para 8,7 milhões em março de 2010 – aliado à perspectiva de continuidade deste crescimento nesta década, justificam a expectativa de que a base de telefones celulares, estes associados à *cloud computing*, irá ultrapassar a base instaladas de computadores. Isto é, a difusão de dispositivos computacionais e penetração na sociedade serão lideradas por telefones celulares, e não mais por *desktops* e *laptops*.

1 <http://www.sportvision.com>

2 <http://www.qualcomm.com/blog/2010/04/19/3g-has-reached-1-billion-subscribers-what-can-we-expect-going-forward>

A tecnologia de realidade aumentada promete, no futuro, causar o mesmo impacto na sociedade e nos negócios que a internet causou nos últimos 20 anos, aumentando a eficiência de várias atividades, promovendo mudanças de hábitos na sociedade e democratizando o acesso à informação. A perspectiva de crescimento na penetração de telefones celulares no Brasil e no mundo é maior do que o de computadores tornando tal plataforma a candidata ideal para o desenvolvimento de novas soluções que atinjam grande parcela da população, em todas as classes. Segundo o Projeto Inter-Meios³, o número de telefones celulares do tipo smartphone tem dobrado a cada seis meses, de aproximadamente três milhões em março de 2009 para mais de seis milhões em novembro. Além disso, tal plataforma já está implantada e testada, tornando-a ideal para novas tecnologias de convergência digital.

O futuro da Internet está associado à mobilidade e localidade da informação e à facilidade de acesso à mesma. Fazer com que a informação seja apresentada onde esta é necessária, como argumentamos anteriormente, causará tanto impacto na sociedade quanto a própria criação da Internet.

Qualificação do principal problema dos Grandes Desafios a ser abordado

I. Introdução

O documento final do Seminário Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil realizado em 2006 identifica que uma das características dos grandes desafios é sua multidisciplinaridade. Nossa proposta de pesquisa engloba mais de um tema e se beneficia de avanços e potencializa o desenvolvimento de outros temas. Esta proposta aborda principalmente o tema a) *Gestão da Informação em grandes volumes de dados multimídia distribuídos* e secundariamente o tema d) *Acesso participativo e universal do cidadão brasileiro ao conhecimento*, mais especificamente o item (a) está ligado com a representação e estruturação dos dados e o item (d) se relaciona com aspectos da interface.

Ao mesmo tempo, avanços nos temas c) *Impactos para a área da computação da transição do silício para novas tecnologias* e e) *Desenvolvimento tecnológico de qualidade: sistemas disponíveis, corretos, seguros, escaláveis, persistentes e ubíquos* podem contribuir significativamente para a implementação da pesquisa proposta nesse projeto. Por outro lado, a nossa pesquisa ainda potencializa o tema b) *Modelagem computacional de sistemas complexos artificiais, naturais e socioculturais e da interação homem-natureza*, na forma de aplicativos a serem criados utilizando-se dos resultados da mesma.

A tabela abaixo sintetiza o posicionamento desta proposta de pesquisa em relação aos Grandes Desafios:

Principal	Beneficia-se	Potencializa
Gestão da Informação em grandes volumes de dados multimídia distribuídos	Impactos para a área da computação da transição do silício para novas tecnologias	Modelagem computacional de sistemas complexos artificiais, naturais e socioculturais e da interação homem-natureza
Acesso participativo e universal do cidadão brasileiro ao conhecimento	Desenvolvimento tecnológico de qualidade: sistemas disponíveis, corretos, seguros, escaláveis, persistentes e ubíquos	

3 <http://www.projetointermeios.com.br>

II. Gestão da Informação em grandes volumes de dados multimídia distribuídos

A nossa proposta trata de como disponibilizar informação existente em sistemas computacionais diversos no local e momento onde esta é mais necessária. Para isto, os seguintes problemas técnicos identificados nos Grandes Desafios devem ser solucionados:

a) Definição e uso da noção de contexto para a recuperação de informação, considerando fatores como localização do usuário, perfil de interesses, objetivos dentre outros

Propomos o uso da localização geográfica através do uso de informação de sensores como GPS, bússola, acelerômetros, giroscópios. Também propomos que a câmera de vídeo seja utilizada tanto para se aumentar a precisão na determinação da posição geográfica, baseada no conhecimento da geometria de prédios e outras construções, bem como para a identificação de objetos e determinação de contexto.

O uso de dispositivos do tipo *smartphone*, *iPads*, etc. permite também a determinação dos interesses do usuário e o uso do grafo social, criado a partir de dados como lista de contatos, mensagens recebidas, etc.

b) Estudos em modelos e mecanismos de conciliação e integração de dados altamente heterogêneos

O dados a serem exibidos podem estar distribuídos em sistemas computacionais diversos, com diferentes garantias de serviço, e serem de tipos diferentes como texto, vídeo, animações, etc. Em nossa proposta levaremos em consideração o tipo de dado e os requisitos necessários para acesso e exibição, tais como velocidade da rede, precisão da estimativa de localização, etc.

c) Consideração, no armazenamento e recuperação, de fatores inerentes à heterogeneidade na aquisição de dados tais como fatores temporais e culturais, mas também tecnológicos, como sensores, celulares, PDAs (i.e., personal digital assistant), dentre outros

Nossa proposta leva em consideração a aceleração da inovação na área de plataformas móveis. Tem-se notado o aumento na quantidade e riqueza de sensores e a grande penetração desta plataforma na sociedade. Acreditamos que estas tendências continuarão no futuro e até se intensificarão. Dedicamos, em nosso planejamento tempo razoável para estudar estas plataformas e determinar como melhor utilizar seus recursos.

d) Estudo de formas alternativas de disponibilização da informação, incluindo pesquisa em novos tipos de interfaces

As interfaces e técnicas de interação existentes partem da premissa que os sistemas computacionais têm a totalidade da atenção do usuário. Tal abordagem torna-se inadequada para plataformas móveis. Por exemplo: imagine a situação onde uma equipe de emergência tenta acessar um mapa como os disponibilizados em computadores e alguns telefones celulares enquanto se desloca pelas ruas de uma cidade. Faz-se necessário o desenvolvimento de interfaces que auxiliem o usuário mas não interrompa a tarefa principal.

III. Acesso participativo e universal do cidadão brasileiro ao conhecimento

Esta proposta de pesquisa envolve dois conceitos fundamentais identificados no Seminário Grandes Desafios da Pesquisa em Computação no Brasil: desenvolvimento de novas interfaces e democratização da criação de conteúdo.

a) Novas interfaces

A disponibilização da informação onde esta é mais relevante é um ponto central deste projeto de pesquisa. Para isto, faz-se necessário o desenvolvimento de novas técnicas de interação. Além de suportar interação como uma tarefa secundária (como abordaremos no item Visualizador, abaixo) as interfaces devem utilizar-se de técnicas de interação que sejam simples. Por exemplo, os sistemas computacionais devem mediar as interações com o espaço físico, ao invés de interações com sistemas computacionais.

b) criação de conteúdo

Um fator determinante na larga adoção da Internet é a facilidade na criação de conteúdo. Nosso plano de pesquisa visa o desenvolvimento de ferramentas de autoria que permitam que vários usuários, e não somente cientistas envolvidos com computação, possam criar e difundir conteúdo.

IV. Impactos para a área da computação da transição do silício para novas tecnologias

Este projeto de pesquisa se beneficia de avanços relacionados a novos *hardware* e plataformas, principalmente no que se refere a baixo consumo de energia e sistemas paralelos e híbridos.

a) Eficiência energética

Como temos a intenção de usar plataformas móveis, a eficiência energética é muito importante, já que tem havido limitado progresso na quantidade de energia armazenada em baterias, se comparado ao desenvolvimento dos sistemas computacionais. Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de algoritmos que permitam otimizar tanto a duração da carga, quanto a do número de ciclos, isto é, quantas vezes a bateria pode ser carregada e descarregada, de forma a prolongar sua vida útil.

b) Sistemas paralelos e híbridos

Entre outras técnicas, temos a intenção de usar algoritmos de visão computacional para inferir a localização. Muitos destes algoritmos são classificados como facilmente paralelizáveis (*embarrassingly parallelizable*, em inglês), isto é, requerem pouco esforço para serem separados em componentes que podem ser executados em paralelo. Acreditamos que *Smartphones* e outros dispositivos móvel terão aceleradores gráficos que podem ser usados para computação em paralelo, da mesma forma que os atuais *desktops* permitem. Estamos acompanhando de perto tal evolução e vamos nos utilizar dos benefícios do desenvolvimento de *hardware* paralelo e híbrido bem como plataformas e linguagens para estes dispositivos, como CUDA⁴ e OpenCL⁵

V. Desenvolvimento tecnológico de qualidade: sistemas disponíveis, corretos, seguros, escaláveis, persistentes e ubíquos

O desenvolvimento da realidade aumentada móvel beneficia-se também do aumento da qualidade dos sistemas existentes e nossos algoritmos serão desenvolvidos tendo em vista a ubiquidade e necessidade de o sistema que desenvolveremos funcionar em diferentes ambientes e mesmo em situações onde os sensores e

4 http://www.nvidia.com/object/cuda_home_new.html

5 <http://www.khronos.org/opencl>

sistemas sofram degradação. Mais especificamente, nos interessam os seguintes tópicos:

Construção de mecanismos e ferramentas visando a tolerância a falhas e disponibilidade permanente: levaremos em consideração, por exemplo, as disponibilidades de várias velocidades de rede de transmissão de dados tais como WiFi, telefonia 2G e 3G, WiMax, LTE, etc. O mesmo também se aplica aos algoritmos de localização já que existe diferença de precisão entre os sensores utilizados (GPS, visão, acelerômetros, ...) e estes podem ou falhar ou não funcionar em algumas situações.

Considerar a necessidade de ubiquidade no projeto e desenvolvimento de sistemas, incluindo fatores como ambientes distintos de trabalho e variações em requisitos: ao contrário de sistemas e algoritmos criados para estações de trabalho e *desktops*, as técnicas e algoritmos desenvolvidos para realidade aumentada móvel deve levar em consideração o fato que devem funcionar em situações e locais diversos. Por exemplo, a precisão de um GPS depende da quantidade de satélites que estão sendo utilizados para calcular a posição do sistema. Em locais com grande concentração de prédios, a precisão diminui.

VI. Modelagem computacional de sistemas complexos artificiais, naturais e socioculturais e da interação homem-natureza

O desenvolvimento de uma plataforma que permita a realidade aumentada móvel potencializa o desenvolvimento de novas aplicações que se alinham fortemente a este tema. Dentre outras, podemos prever benefícios nos seguintes segmentos:

Criação de novos algoritmos e técnicas em visualização científica: cientistas se beneficiariam da existência de novas técnicas de visualização científica que permitisse a visualização *in loco*. Por exemplo: geólogos poderiam visualizar informações do subsolo; condições do solo podem ser exibidas nos locais onde ocorrem erosão, etc.

Estudos em interfaces multimodais extensíveis: novas interfaces e técnicas de interação devem ser estudadas e desenvolvidas para permitir a interação sem interferir com a atividade principal e também levando-se em conta a existência de objetos físicos que podem por exemplo causar oclusão. A nossa pesquisa evidenciará tais condições e necessidades e proverá uma base de teste para tais interfaces multimodais.

Objetivos e metas a serem alcançados

Este projeto de pesquisa tem a finalidade de alcançar os seguintes objetivos:

- i. Conceituação geral da área de Realidade Aumentada Móvel
- ii. Identificação dos problemas fundamentais da área – baseado na conceituação geral da área de realidade aumentada móvel, identificar os problemas principais da área e colocá-los de forma que sirvam de base e motivação para investigação e desenvolvimento de modelos matemáticos, algoritmos e técnicas computacionais.
- iii. Elaboração de modelos matemáticos e técnicas computacionais para a solução dos problemas fundamentais.
- iv. Estudo das plataformas tecnológicas para a implementação das soluções técnicas – nos últimos anos, tem havido grande desenvolvimento das plataformas móveis já que as maiores empresas de computação têm realizado grandes investimentos nesta área. Produtos como iPhone, iPad, sistemas Android, e novos lançamentos serão estudados para identificarmos como implementarmos as soluções que propomos.
- v. Desenvolvimento de experimentos exploratórios para definição de alternativas de aplicação.
- vi. Análise dos resultados dos experimentos e validação das hipóteses principais.
- vii. Colaboração entre o Instituto de Ciência e Tecnologia e empresas nacionais para identificação de oportunidades de transferências de tecnologia.

Metodologia a ser empregada

I. Nível mais alto

O projeto se enquadra na grande área de Matemática Aplicada Computacional, a qual integra modelos matemáticos com técnicas computacionais para criar aplicações. Por esse motivo, utilizaremos de forma geral a conceituação do *paradigma dos quatro universos*⁶, introduzida por Gomes e Velho. Além disso, o tema específico do projeto está inserido na área de Computação Visual e Novas Mídias. Assim, adotaremos também a metodologia de *objetos gráficos*⁷, proposta por Gomes e Velho para desenvolvimento de pesquisas nessa área.

II. Nível específico

Conforme dissemos anteriormente, acreditamos que para que a tecnologia de realidade aumentada seja largamente difundida, e tenha um impacto semelhante ao que a Internet vem tendo na sociedade, faz-se necessário o desenvolvimento de três componentes: visualizador, protocolos de transmissão de conteúdo e ferramentas de autoria.

a) Visualizador

O visualizador de realidade aumentada é o componente que exibe o conteúdo e serve de interface entre a informação relacionada ao mundo físico e a pessoa usando o sistema. Em nossa visão, o visualizador contém três subcomponentes associados às suas principais tarefas: Localização, Renderização e Interação.

Localização

Localização consiste em determinar em tempo real a pose (isto é: posição e direção) para a qual o visualizador está apontado. Inferimos a pose baseado em informações obtidas pelos sensores presentes no aparelho, como GPS, bússola, acelerômetros e a própria câmera de vídeo.

Renderização

A informação gerada pelo computador deve ser exibida 'sobre' os objetos físicos, quando visualizadas do ponto de vista do usuário. No caso de *smartphones*, a câmera de vídeo captura em tempo real os objetos físicos e este é combinado com a renderização da informação contida nos sistemas computacionais. Dependendo dos aplicativos, pode-se desejar um alto grau de realismo, onde a iluminação da cena seja levada em conta.

Interação

Uma parte bastante importante para sistemas de realidade aumentada móvel é intermediar a interação do usuário com os espaços físicos e informações dos sistemas computacionais. É importante notar que não será possível simplesmente portar os aplicativos desenvolvidos para desktop já que estes foram desenvolvidos baseado no paradigma que a interação com tal aplicativo seria a atividade primária do usuário. Tal paradigma não se aplica a aplicativos de realidade aumentada móvel.

Por exemplo: imagine uma equipe de emergência atendendo a um chamando no centro de uma grande cidade brasileira como São Paulo ou Rio de Janeiro. Ao necessitar saber a localização de onde se originou o chamado, a equipe de emergência perderá preciosos minutos já que terá grande dificuldade em consultar um mapa da cidade e se locomover ao mesmo tempo, já que ambas as atividades estarão disputando para serem consideradas primárias pela pessoa. Para que aplicativos de realidade aumentada móvel sejam serão necessárias novas técnicas de interação tais como interação como uma atividade secundária e micro interações.

6 Jonas Gomes and Luiz Velho, "Abstraction Paradigms for Computer Graphics". The Visual Computer, 11(5):227–239, 1995.

7 Jonas Gomes, Bruno Costa, Lucia Darsa, and Luiz Velho, "Graphical Objects". The Visual Computer, 12(6):269–282, 1996

b) Protocolos de Transmissão

Os aplicativos de realidade aumentada móvel são executados nos telefones celulares dos usuários, mas as informações ficam armazenadas em sistemas computacionais distribuídos, sendo acessados quando necessários. A combinação de tais sistemas (*cloud computing*) com as plataformas móveis cria a possibilidade do acesso à informação no momento e lugar onde esta é necessária. Para que tal combinação seja possível, são necessários protocolos de transmissão que suportem os seguintes requisitos:

Geo referenciamento

Para que a informação seja exibida corretamente no espaço físico, faz-se necessário que esta seja geo referenciada, isto é, seja associada a um sistema de coordenadas que permita localizá-la no espaço. Um exemplo seria um aplicativo que deseja exibir a qualidade do ar em uma região. Neste caso seria suficiente que a informação estivesse na vizinhança onde a medição foi feita.

Caso o aplicativo deseje exibir a informação sobre a superfície de um objeto físico, não somente em uma região do espaço, é necessário ter informação sobre as estruturas dos objetos (*features*). Por exemplo, horário dos trens na parede de entrada da estação.

Atualização do conteúdo

O conteúdo pode ser criado e atualizado em tempo real e é necessário que o protocolo utilizado permita que a informação mais recente seja exibida. Muitos protocolos de internet são do tipo *pull*, onde a informação é buscada. Deve-se pensar também em protocolos que suportem *push*, onde a informação atualizada é enviada ao cliente.

Várias mídias

Os aplicativos de realidade aumentada fazem usam de vídeos, animações, áudio, texto, etc. para comunicar a informação ao usuário. Os protocolos utilizados devem suportar todas as mídias e garantir a qualidade da exibição ou ao menos que a degradação da qualidade ocorra de forma controlada, mesmo em ambientes onde a garantia da qualidade de serviço não é possível.

c) Ferramentas de Autoria

Uma parte muito importante para a larga difusão desta nova tecnologia é a possibilidade de se criar conteúdo. Atualmente, é necessário grande qualificação para se criar conteúdo e aplicativos de realidade aumentada, visto que as poucas ferramentas de autoria existentes estão em laboratórios de pesquisa e normalmente somente os pesquisadores que as estão desenvolvendo conseguem utilizá-las.

As novas ferramentas devem ser de fácil utilização e ter como público alvo designers, animadores, etc e não cientistas de computação. Os seguintes tópicos devem ser levados em consideração:

Ponto de vista

Existem dois fatores a serem considerados quando da autoria dos aplicativos: falta de controle sobre o ponto de vista e oclusão. As ferramentas devem ajudar o desenvolvimento de aplicativos que suportem a falta de controle sobre o ponto de visão, já que ao contrario de filmes para cinema, o usuário é para se deslocar pela cena. Além disto, dependendo de onde se está vendo a cena, alguns componentes podem sofrer oclusão. As ferramentas de autoria devem auxiliar os desenvolvedores a comunicar ao usuário que alguns objetos podem estar oclusos.

Erro de registro

O erro de registro se dá quando existe um desalinhamento entre o conteúdo gerado pelo computador e o objeto físico ao qual tal conteúdo está associado. O erro de registro é na verdade a manifestação da incerteza que existe no sistema e é tanto espacial quanto temporal. As ferramentas de autoria devem permitir que os desenvolvedores de aplicativos lidem com incerteza facilmente, por exemplo, gerando automaticamente vários níveis de aumentações que correspondam a bandas de erro de registro.